

**PENGEMBANGAN PROTOTIPE *INTERNET OF THINGS (IOT)*
PEMANTAU KELAYAKAN AIR HIGIENE SANITASI PONDOK
PESANTREN MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO**

SKRIPSI

**Oleh:
ARINI RIFQIYA WAHDATI
NIM. 16650090**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**PENGEMBANGAN PROTOTIPE *INTERNET OF THINGS (IOT)*
PEMANTAU KELAYAKAN AIR HIGIENE SANITASI PONDOK
PESANTREN MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO**

SKRIPSI

Diajukan kepada:
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh:
ARINI RIFQIYA WAHDATI
NIM. 16650090

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

HALAMAN PERSETUJUAN

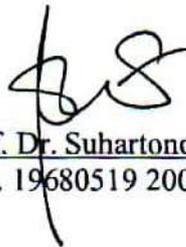
**PENGEMBANGAN PROTOTYPE INTERNET OF THINGS (IOT)
PEMANTAU KELAYAKAN AIR HIGIENE SANITASI PONDOK
PESANTREN MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO**

SKRIPSI

**Oleh:
ARINI RIFQIYA WAHDATI
NIM. 16650090**

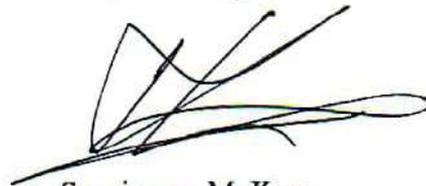
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 30 Mei 2023

Pembimbing I,



Prof. Dr. Suhartono, M. Kom
NIP. 19680519 200312 1 001

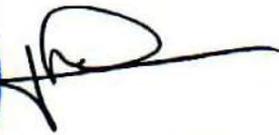
Pembimbing II,



Supriyono, M. Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrud Kurniawan, M. MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

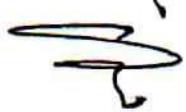
PENGEMBANGAN PROTOTIPE *INTERNET OF THINGS (IOT)* PEMANTAU KELAYAKAN AIR HIGIENE SANITASI PONDOK PESANTREN MENGGUNAKAN METODE FUZZY SUGENO

SKRIPSI

Oleh:
ARINI RIFQIYA WAHDATI
NIM. 16650090

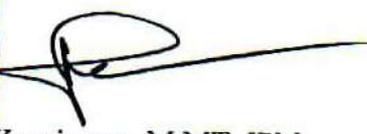
Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 23 Juni 2023

Susunan Dewan Penguji

Ketua Penguji	: <u>Syahiduz Zaman, M.Kom</u> NIP. 19700502 200501 1 005	()
Anggota Penguji I	: <u>Dr. M. Ainul Yaqin, M.Kom</u> NIP. 19761013 200604 1 004	()
Anggota Penguji II	: <u>Prof. Dr. Suhartono, M.Kom</u> NIP. 19680519 200312 1 002	()
Anggota Penguji III	: <u>Supriyono, M.Kom</u> NIP. 19841010 201903 1 012	()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Arini Rifqiya Wahdati

NIM : 16650090

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknik Informatika

Judul Skripsi : Pengembangan Prototipe *Internet of Things (IoT)* Pemantau Kelayakan Air Higiene Sanitasi Pondok Pesantren Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 09 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Arini Rifqiya Wahdati
NIM. 16650090

MOTTO

Jika duka dan kesedihan kian berat memayahkan,
Maka, Renungkanlah Surah "Alam Nasyrah".

Bahwa Tuhan-mu telah menjanjikan dua kemudahan,
disamping sebuah kesulitan.

”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Seluruh perjuangan ini, kupersembahkan kepada:

“Pemilik samudera ketabahan dan pembuka jalan langit, Ayah dan Ibu”

“Yang terkasih, Adik-Adikku”

“Dan untuk diriku sendiri-

Untuk segala jatuh bangun, kepelikan, kepayahan dan harapan-harapan”

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT. yang dengan seluruh nikmat-Nya segala kebaikan menjadi sempurna. Tidak ada daya upaya dan kekuatan dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini, kecuali atas pertolongan Allah SWT. Shalawat serta salam atas junjungan kita, makhluk paling mulia, Baginda Rasulullah beserta para keluarga dan para sahabatnya.

Melalui proses yang panjang dan berliku, syukur alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul “**Pengembangan Prototipe Internet of Things Pemantau Kelayakan Air Higiene Sanitasi Pondok Pesantren Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno**” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini jauh dari kata sempurna dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bimbingan, bantuan, dukungan, nasehat dan kemudahan dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih yang setulus-tulusnya penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. M. Zainuddin MA, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3. Bapak Dr. Fachrul Kurniawan, M.MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Bapak Prof. Dr. Suhartono, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan arahan dan tambahan ilmu selama proses penyusunan skripsi.
5. Bapak Supriyono, M.Kom, selaku Dosen Pembimbing II sekaligus Dosen Wali yang telah membimbing, memberikan arahan dan solusi-solusi terkait penyelesaian studi dan skripsi penulis.
6. Bapak Syahiduz Zaman, M.Kom dan Bapak Dr. Ainul Yaqin, M.Kom, selaku Dosen Penguji yang memberikan masukan dan saran sehingga penyusunan skripsi ini mencapai hasil yang lebih baik.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah membagi serta mengajarkan banyak ilmu dan pengalaman.
8. Kedua orang tua tercinta, Bapak Dr. H. Khoirul Umam, M.Pd.I dan Ibu Muasshomah, terimakasih atas kasih sayang, dukungan, motivasi, saran, dan upaya-upaya yang tiada henti. Terimakasih pula untuk seluruh kesabaran, keikhlasan dan setiap do'a yang menjadi sumber kekuatan penulis selama ini.
9. Adik-adikku, Tazkiya Nur Cahyani dan Naila Niswatul Karimah yang telah mendukung, mendo'akan, menghibur dan memberikan motivasi.

10. Angkatan Teknik Informatika Andromeda 2016, Teman-teman Kelas TI C 2016, Ustadz/Ustadzah dan teman-teman di Ma'had Hufadz Bilingual Darul Hikmah yang telah memberikan penulis tempat bernaung baik secara lahir maupun batin.

11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan sehingga dapat terselesaikannya skripsi ini.

Melalui skripsi ini, penulis berharap dapat memberikan sedikit manfaat serta kebaikan, bagi penulis sendiri khususnya, dan bagi para pembaca umumnya. Penulis juga mengharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini semoga dapat diperbaiki oleh peneliti-peneliti selanjutnya dikemudian hari.

Malang, 07 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvi
المُلخَص	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Studi Literatur	6
2.2 <i>Internet of Things (IoT)</i>	10
2.3 Sistem Pemantau.....	12
2.4 Standarisasi Air Untuk Higiene Sanitasi.....	14
2.5 Arduino Uno + Wifi R3 (RobotDyn).....	18
2.6 Sensor.....	21
2.6.1 Sensor PH.....	21
2.6.2 Sensor Kekeruhan	23
2.6.3 Sensor TDS	25
2.6.4 Sensor Suhu.....	27
2.7 Logika Fuzzy	28
2.7.1 Metode Fuzzy Sugeno	33
BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN	35
3.1 Analisis Kebutuhan Sistem	35
3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras	36
3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak	36
3.1.3 Kebutuhan Fungsional.....	37
3.1.4 Kebutuhan Non-Fungsional	38
3.2 Perancangan Desain Sistem	38
3.2.1 Diagram Alir Sistem.....	38
3.2.2 Diagram Blok Sistem	40
3.2.3 Desain Rangkain Alat.....	41

3.3	Perancangan Fuzzy Sugeno	43
3.3.1	Fuzzifikasi	44
3.3.2	<i>Fuzzy Rules</i>	56
3.3.3	Fungsi Implikasi.....	61
3.3.4	Defuzzifikasi	61
3.3.5	Contoh Kasus	62
BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN.....		68
4.1	Implementasi Sistem.....	68
4.1.1	Implementasi <i>Hardware</i>	68
4.1.2	Implementasi Fuzzy	69
4.1.3	<i>Website</i> Pemantau Kelayakan Air.....	75
4.2	Pengujian Akurasi Sensor.....	77
4.2.1	Pengujian Sensor PH.....	78
4.2.2	Pengujian Sensor Kekeruhan	81
4.2.3	Pengujian Sensor TDS	83
4.2.4	Pengujian Sensor Suhu.....	85
4.3	Pengujian Fuzzy.....	86
4.4	Pengujian Alat.....	90
4.5	Integrasi Islam.....	95
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		100
5.1	Kesimpulan	100
5.2	Saran	101
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arduino Uno+WiFi R3 RobotDyn.....	19
Gambar 2. 2 Switch Arduino Uno+WiFi RobotDyn	20
Gambar 2. 3 Modul Sensor PH 4502C	22
Gambar 2. 4 Sensor Kekeruhan SKU SEN0189.....	24
Gambar 2. 5 Sensor TDS SEN0244.....	25
Gambar 2. 6 Sensor Suhu DS18B20.....	27
Gambar 2. 7 Representasi Linier Naik.....	30
Gambar 2. 8 Representasi Linear Turun	31
Gambar 2. 9 Representasi Kurva Segitiga	31
Gambar 2. 10 Representasi Kurva Trapesium	32
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3. 2 Diagram Alir Sistem.....	39
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	41
Gambar 3. 4 Skema Rangkaian Alat.....	42
Gambar 3. 5 Pemetaan input, proses dan output.....	44
Gambar 3. 6 Percobaan Fuzzifikasi Model 1	45
Gambar 3. 7 Percobaan Fuzzifikasi Model 2	45
Gambar 3. 8 Percobaan Fuzzifikasi Model 3	46
Gambar 3. 9 Percobaan Fuzzifikasi Model 4	47
Gambar 3. 10 Percobaan Fuzzifikasi Model 5	47
Gambar 3. 11 Percobaan Fuzzifikasi Model 6	48
Gambar 3. 12 Percobaan Fuzzifikasi Model 7	48
Gambar 3. 13 Percobaan Fuzzifikasi Model 8	49
Gambar 3. 14 Percobaan Fuzzifikasi Model 9	49
Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Variabel PH.....	51
Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Variabel Kekeruhan.....	52
Gambar 3. 17 Fungsi Keanggotaan Variabel TDS.....	54
Gambar 3. 18 Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu.....	55
Gambar 3. 19 Variabel Output Fuzzy Sugeno	56
Gambar 4. 1 Hardware Pada Sistem yang Dibuat.....	68
Gambar 4. 2 Source Code Fuzzifikasi PH	69
Gambar 4. 3 Source Code Fuzzifikasi Kekeruhan	70
Gambar 4. 4 Source Code Fuzzifikasi TDS	70
Gambar 4. 5 Source Code Fuzzifikasi Suhu	71
Gambar 4. 6 Source Code Fungsi Implikasi	74
Gambar 4. 7 Source Code Untuk Mencari Fungsi MIN	74
Gambar 4. 8 Source Code Defuzzifikasi Weighted Average.....	74
Gambar 4. 9 Halaman Login Website IOT Pemantau Air.....	75
Gambar 4. 10 Form Login Website IOT Pemantau Air.....	75
Gambar 4. 11 Tampilan Beranda Website IOT Pemantau Air	76

Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Tabel Website IOT Pemantau Air	76
Gambar 4. 13 Tabel Data Pantauan Air	77
Gambar 4. 14 Larutan Buffer 4.01 dan Larutan Buffer 6.86	78
Gambar 4. 15 Tegangan Buffer Powder 4.01 dan 6.86.....	79
Gambar 4. 16 Perhitungan Nilai PH	79
Gambar 4. 17 Pengujian PH menggunakan Kertas Indikator PH	80
Gambar 4. 18 Sampel Air Minum.....	81
Gambar 4. 19 Nilai Tegangan Output Sensor Kekeruhan.....	82
Gambar 4. 20 Nilai NTU Air Minum	82
Gambar 4. 21 Nilai TDS Pada Air Murni	83
Gambar 4. 22 Kalibrasi Sensor TDS.....	84
Gambar 4. 23 Larutan Sampel Pengujian Suhu	85
Gambar 4. 24 Fuzzifikasi Pada R Programming.....	87
Gambar 4. 25 Matriks Konsekuen Pada R Programming	87
Gambar 4. 26 IF-THEN Rules Pada R Programming.....	87
Gambar 4. 27 Data Testing Pengujian Fuzzy dengan R Programming	88
Gambar 4. 28 Generate Fuzzy Sugeno Pada R Programming	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait	6
Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian.....	8
Tabel 2. 3 Parameter Fisik Wajib Untuk Higiene Sanitasi	14
Tabel 2. 4 Parameter biologi wajib untuk higiene sanitasi	15
Tabel 2. 5 Parameter kimia wajib untuk higiene sanitasi	15
Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino RobotDyn	19
Tabel 2. 7 Switch Status dan Opsi Mode Arduino RobotDyn.....	21
Tabel 2. 8 Spesifikasi Sensor PH 4502C	23
Tabel 2. 9 Spesifikasi Sensor Kekeruhan SKU SEN0189	24
Tabel 2. 10 Spesifikasi Sensor TDS SEN0244	26
Tabel 2. 11 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20	28
Tabel 3. 1 Presentase Error Setiap Model Fuzzifikasi	50
Tabel 3. 2 Rules Fuzzy Kelayakan Air	57
Tabel 3. 3 Inferensi Contoh Kasus Menggunakan Fungsi MIN	63
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor PH	80
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan.....	82
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor TDS.....	84
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Suhu	86
Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Fuzzy Sugeno Sistem dengan Simulasi R	88
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Alat Pada Air Higiene Sanitasi.....	90

ABSTRAK

Wahdati, Arini Rifqiya. 2023. **Pengembangan Prototipe *Internet of Things (IOT)* Pemantau Kelayakan Air Higiene Sanitasi Pondok Pesantren Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno**. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom (II) Supriyono, M.Kom

Kata Kunci: Monitoring, Kelayakan Air, Fuzzy Sugeno,

Air higiene sanitasi merupakan air yang dimanfaatkan dalam kegiatan higiene sanitasi sehari-hari berdasarkan kualitas tertentu. Persoalan yang timbul yaitu penurunan terhadap ketersediaan air higiene sanitasi yang layak sedangkan tingkat kelayakan air higiene sanitasi merupakan salah satu tolok ukur kualitas kesehatan penggunaannya. Selain itu, upaya dalam memastikan kelayakan air higiene sanitasi selama ini umumnya masih dilakukan secara manual sehingga proses pemantauan kelayakan air menjadi lebih merepotkan dan kurang praktis. Proses pemantauan secara manual salah satunya masih dilakukan di lingkungan pondok pesantren. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sebuah prototipe untuk memantau kelayakan air untuk kebutuhan higiene sanitasi di pondok pesantren. Prototipe pemantau kelayakan air dibuat dengan memanfaatkan beberapa sensor. Sensor-sensor yang digunakan mengacu pada sebagian dari parameter kelayakan air yaitu parameter PH, parameter kekeruhan, parameter TDS dan parameter suhu. Data dari keempat masukan sensor tersebut kemudian diolah menggunakan metode fuzzy sugeno agar dapat menampilkan nilai kelayakan air berdasarkan standar baku kualitas air untuk higiene sanitasi. Kelayakan air diklasifikasikan menjadi layak, kurang layak dan tidak layak. Data yang telah didapatkan kemudian ditampilkan melalui *website* yang telah dibuat serta merekamnya ke dalam tabel sebagai data histori. Ketiga sensor yang digunakan memiliki akurasi pembacaan sensor PH sebesar 93.20%, sensor TDS sebesar 95.75%, sensor suhu sebesar 93.75% serta kinerja sensor kekeruhan yang baik. Penggunaan metode fuzzy sugeno juga menunjukkan hasil yang baik pada hasil uji coba dengan rata-rata presentase kebenaran sebesar 94%. Secara keseluruhan sistem yang dibuat bekerja secara baik dengan berhasil melakukan pengujian air higiene sanitasi di pondok pesantren.

ABSTRACT

Wahdati, Arini Rifqiya. 2023. **Development of an Internet of Things (IOT) Prototype for Hygiene-Sanitation Water Feasibility Monitoring in Islamic Boarding Schools Using the Fuzzy Sugeno Method.** Theses. Department of Informatics, Faculty of Science and Technology Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang. Advisor: (I) Prof. Dr. Suhartono, M.Kom (II) Supriyono, M.Kom.

Hygiene-sanitation water is water with a certain quality that is used in daily hygiene and sanitation activities. The problem that arises is the decrease in the availability of proper hygiene-sanitation water, while the appropriate level of hygiene-sanitation water is an indication of the health quality of its users. In addition, efforts to ensure the feasibility of hygiene-sanitation water so far have generally been carried out manually so that the water monitoring process has become cumbersome and less practical. The process of monitoring manually, one of which is still carried out in the Islamic Boarding School area. Therefore, it is necessary to develop a prototype to monitor the feasibility of water for hygiene-sanitation needs in Islamic Boarding Schools. Water feasibility monitoring prototypes are made by utilizing several sensors. The sensors used refer to some of the water feasibility parameters, namely the PH parameter, the turbidity parameter, the TDS parameter and the temperature parameter. The data from the four sensor inputs is then processed using the fuzzy sugeno method in order to display the feasibility value of water based on water quality standards for hygiene-sanitation. Water feasibility is classified into feasible, less feasible and not feasible. The data that has been obtained is then displayed through the website that has been created and recorded in a table as history. The three sensors used have a reading accuracy of 93.20% for PH sensor, 95.75% for TDS sensor, 93.75% for temperature sensor and good turbidity sensor performance. The use of the fuzzy sugeno method also shows good results in the trial results with an average percentage of truth of 94%. Overall, the developed system works well by successfully running water tests at Islamic Boarding Schools.

Keywords: Monitoring, Feasibility of Water, Fuzzy Sugeno

الملخص

وحدتي ، أربي رفقيا. تطوير نموذج أولي لإنترنت الأشياء لرصد جدوى مياه الصرف الصحي في المعهد الإسلامية باستخدام طريقة **Fuzzy Sugeno**. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية، مالانج. مشرف: (١) الأستاذ الدكتور سوهارتونو، الماجستير (٢) سوفريونو، الماجستير

الكلمات الرئيسية : مراقبة ، جدوى المياه ، fuzzy sugeno

مياه الصرف الصحي هي مياه ذات جودة معينة تُستخدم في أنشطة النظافة اليومية والصرف الصحي. المشكلة التي تنشأ هي انخفاض توافر مياه الصرف الصحي المناسبة ، في حين أن المستوى المناسب لمياه الصرف الصحي هو مؤشر على الجودة الصحية لمستخدميها. بالإضافة إلى ذلك ، فإن الجهود المبذولة لضمان جدوى مياه الصرف الصحي حتى الآن قد تم تنفيذها يدويًا بشكل عام بحيث أصبحت عملية مراقبة المياه مرهقة وأقل عملية. عملية المراقبة يدويًا ، وإحداها لا تزال تجري في منطقة المعهد الإسلامية. لذلك ، من الضروري تطوير نموذج أولي لرصد جدوى المياه لاحتياجات النظافة والصرف الصحي في المعهد الإسلامية. يتم إجراء نماذج مراقبة جدوى المياه من خلال استخدام العديد من أجهزة الاستشعار. تشير المستشعرات المستخدمة إلى بعض متغيرات جدوى المياه ، وهي: معامل قوة الهيدروجين ، ومعامل التعكر ، ومعامل المادة الصلبة الذائبة الكلية ، ومعلمة درجة الحرارة. ثم تتم معالجة البيانات من مدخلات أجهزة الاستشعار الأربعة باستخدام طريقة fuzzy sugeno من أجل عرض قيمة جدوى المياه بناءً على معايير جودة المياه للنظافة والصرف الصحي. تصنف جدوى المياه إلى مجدية وأقل جدوى وغير مجدية. ثم يتم عرض البيانات التي تم الحصول عليها من خلال موقع الإلكتروني الذي تم إنشاؤه وتسجيله في جدول كبيانات مخزنة. تتمتع المستشعرات الثلاثة بدقة قراءة تبلغ ٩٣,٢٠% لمستشعر قوة الهيدروجين ، و ٩٥,٧٥% لمستشعر المواد الصلبة الذائبة الكلية ، و ٩٣,٧٥% لمستشعر درجة الحرارة وأداء مستشعر التعكر الجيد. كما أظهر استخدام طريقة fuzzy sugeno نتائج جيدة في نتائج التجربة بمتوسط نسبة الحقيقة ٩٤.٠%. بشكل عام ، يعمل النظام المطور بشكل جيد من خلال إجراء اختبارات المياه بنجاح في المعهد الإسلامية.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dan ketersediaan air merupakan bagian penting dalam proses berlangsungnya kehidupan manusia. Beberapa aktivitas penting yang bergantung terhadap air adalah upaya kesehatan preventif kepada individu atau kelompok yang disebut dengan higiene dan upaya kesehatan preventif kepada lingkungan yang disebut sanitasi. Air dengan kategori untuk keperluan higiene sanitasi merupakan air yang dimanfaatkan dalam kegiatan higiene sanitasi sehari-hari berdasarkan kualitas tertentu yang tidak sama dengan kualitas air untuk minum. Ketersediaan air untuk keperluan higiene sanitasi mengalami penurunan diakibatkan dengan isu perubahan iklim, perkembangan lingkungan serta pola pemanfaatan dan pemeliharaan.

Kementerian Kesehatan melalui Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, Dan Pemandian Umum menetapkan bahwa air untuk kebutuhan higiene sanitasi ditentukan melalui beberapa parameter meliputi parameter fisik, parameter biologi, dan parameter kimia. Parameter-parameter tersebut dibagi menjadi parameter wajib yaitu parameter yang perlu dikontrol berkala dan parameter tambahan yang hanya perlu dicek apabila kondisi geohidrologi mengindikasikan potensi pencemaran yang berhubungan dengan parameter tambahan tersebut. Beberapa parameter wajib yang disyaratkan untuk diperiksa antara lain derajat keasaman (PH) dengan nilai

maksimum sebesar 6.5 – 8.5; kekeruhan dengan nilai maksimum sebesar 25NTU dan jumlah zat padat terlarut maksimal sebesar 1000 mg/l (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Air untuk keperluan higiene sanitasi ditetapkan menjadi air yang dapat digunakan untuk kepentingan pemeliharaan kebersihan seperti mandi, kebutuhan cuci-mencuci, dan dapat pula digunakan sebagai air baku air minum. Sehingga tingkat kelayakan dari air higiene sanitasi yang digunakan dalam suatu lingkungan akan sangat mempengaruhi kualitas kesehatan penggunanya. Lingkungan pondok pesantren merupakan salah satu lingkungan yang menunjukkan bahwa ketersediaan air yang layak kurang memadai. Tinjauan yang dilakukan pada 106 pondok pesantren tradisional di Kabupaten Bondowoso menunjukkan presentase kerawanan terhadap penyediaan air bersih di pondok pesantren mencapai 85% (Indrawati dan Mahmudati, 2020).

Beberapa masalah mengenai kualitas air di lingkungan pondok pesantren juga berdampak pada ketersediaannya. Masalah ketersediaan air bersih ditemukan di dua pesantren di Kota Palembang. Pondok Pesantren Ma'had Izzatuna Tanjung Api-Api Kota Palembang mengalami kesulitan dalam air bersih karena air yang tersedia berwarna dan berbau. Pesantren Al Amalul Khair Ilir Barat Kota Palembang juga mengalami persoalan dimana air yang tersedia keruh dan berbau (Nasir dkk., 2016). Penelitian lain yang dilakukan oleh Azizah di Pondok Pesantren Al-Falah Kecamatan Silo Kabupaten Jember juga menunjukkan bahwa kondisi air dalam bak penampungan cenderung kotor dan jarang sekali dibersihkan sehingga menyebabkan terjadinya penularan penyakit *scabies* dengan mudah (Azizah, 2014).

Upaya dalam memastikan kelayakan air hygiene sanitasi selama ini umumnya dilakukan dengan cara menguji sampel air pada laboratorium. Setiap parameter diuji satu persatu dengan alat ukur masing-masing kemudian diberi skor kelayakan. Selain itu, pada lingkungan pondok pesantren, proses pemeriksaan air hanya dilakukan dengan sebatas penglihatan tanpa menerapkan indikator kelayakan yang ada. Proses pengawasan masih dikerjakan secara manual pada setiap tempat penampungan air. Akibatnya, pengawasan terhadap kelayakan air tidak dapat dilakukan secara langsung (Chuzaini dan Dzulkiflih, 2022).

Proses pemantauan air yang masih dikerjakan secara manual menjadi lebih merepotkan dan kurang praktis. Kelemahan proses pemantauan air secara manual antara lain yaitu tidak dapat menguji beberapa parameter dalam waktu bersamaan. Setiap parameter harus dicek satu persatu sehingga memerlukan lebih banyak waktu. Pengumpulan data terhadap kelayakan air pun menjadi tidak efisien untuk pengambilan keputusan. Selain itu, pemantauan juga tidak dapat dilakukan secara terus-menerus. Sehingga resiko-resiko terhadap buruknya kualitas air tidak dapat dideteksi dan diatasi sejak dini (Indriatmoko, 2017).

Maka, pada penelitian ini dilakukan pengembangan prototipe sistem pemantau kelayakan air. Pemantau kelayakan air dibuat dengan memanfaatkan beberapa sensor. Sensor-sensor yang digunakan mengacu pada sebagian dari parameter kelayakan air yaitu parameter derajat keasaman (pH), parameter kekeruhan (turbiditas), parameter jumlah zat padat terlarut (*Total Dissolved Solids*) dan parameter suhu yang diolah menggunakan fuzzy sugeno. Pengembangan dilakukan dengan menambah variabel masukan sensor suhu untuk mengukur

parameter suhu. Peneliti juga mencoba memvariasikan fungsi keanggotaan dalam proses fuzzy untuk mendapatkan hasil terbaik. Hasil pengukuran sensor pada setiap parameter serta informasi mengenai status kelayakan air akan ditampilkan pada perangkat *user* menggunakan konsep *Internet of Things*. Pengembangan prototipe ini diharapkan dapat mempermudah pemantauan air higiene sanitasi secara berkala di lingkungan pondok pesantren.

1.2 Identifikasi Masalah

Bagaimana menjamin kelayakan air higiene sanitasi dengan mengaplikasikan prototipe *Internet of Things (IoT)* pemantau kelayakan air di lingkungan pondok pesantren menggunakan metode fuzzy sugeno?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dimaksud dari penelitian ini yaitu guna mengembangkan prototipe *Internet of Things (IoT)* pemantau kelayakan air higiene sanitasi pondok pesantren menggunakan metode fuzzy sugeno.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- a. Memberi kemudahan akses dalam memantau kelayakan air higiene sanitasi di lingkungan pondok pesantren.
- b. Menghemat waktu dalam pengecekan kelayakan air higiene sanitasi di lingkungan pondok pesantren.
- c. Meningkatkan kualitas air higiene sanitasi di lingkungan pondok pesantren.

- d. Mengurangi resiko penyakit yang penularannya melalui air di lingkungan pondok pesantren.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Sampel air yang diuji-coba dalam penelitian ini merupakan air yang digunakan untuk keperluan higiene sanitasi di pondok pesantren.
- b. Penentuan kelayakan air pada penelitian ini menggunakan parameter ketentuan baku mutu persyaratan air untuk keperluan higiene sanitasi yang ada. Namun, parameter yang digunakan terbatas pada 4 parameter dari beberapa parameter yang ada, antara lain:
 - 1) Derajat Keasaman (PH) yang didapatkan melalui Sensor PH;
 - 2) Kekeruhan yang didapatkan melalui Sensor Kekeruhan;
 - 3) Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) yang didapatkan dari Sensor TDS;
 - 4) Suhu yang didapatkan melalui Sensor Suhu

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Tahapan ini berisi pengumpulan referensi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Referensi diambil dari jurnal, skripsi atau publikasi lainnya yang memiliki kemiripan dengan penelitian “Pengembangan Prototipe Internet of Things Pemantau Kelayakan Air Higiene Sanitasi Pondok Pesantren Menggunakan Fuzzy Sugeno”.

Berikut beberapa penelitian terkait dan perbandingan keterbaruan pada penelitian ini, antara lain:

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

No.	Identitas Penelitian			Isi Penelitian
	Tahun	Penulis	Judul	
1	2020	Rahadithia Prayudha	Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor PH dan Sensor TDS Berbasis <i>Mobile</i> (Studi Kasus Penampungan Air Bersih Desa Rawa Burung)	Sebuah sistem deteksi kualitas air dirancang menggunakan 3 macam sensor sebagai parameter <i>input</i> yaitu PH, kekeruhan, TDS. Nilai <i>input</i> sensor diproses menggunakan logika fuzzy sugeno. Aturan yang dibentuk berjumlah 27 aturan Hasil akhir kualitas air ditampilkan melalui LCD 20 x 4 pada prototipe yang dibuat.
2	2021	Fitri Febrianti, Suryo Adi Wibowo, Nurlaily Vendyansyah.	Implementasi IOT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil	Dikembangkan sebuah sistem <i>monitoring</i> kualitas air pada pengelolaan air skala kecil dengan implementasi <i>Internet of Things</i> . Rangkaian

				terdiri dari sensor PH dan sensor turbidity dihubungkan ke Arduino Uno R3 kemudian ke Modul ESP8226 yang mengirimkan hasil baca sensor ke <i>database</i> dan menampilkannya pada <i>website</i>
3	2022	Fanharis Chuzaini, Dzulkiflih.	IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, PH, Dan Total Dissolved Solids (TDS)	Sebuah prototipe dikembangkan untuk memonitor kualitas air melalui pengukuran Sensor Suhu DS18B20, Sensor PH-4502C dan Sensor TDS. Ketiga sensor dihubungkan ke mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan pada layar LCD dan aplikasi <i>Blynk</i> . Pengujian alat dilakukan satu persatu setiap sensor di setiap tempat yang diuji.
4	2020	Nanda Cahaya Putra, Jayanta, Yuni Wideaswati.	Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualitas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus: Air Tanah Kota Bekasi).	Sebuah prototipe sistem deteksi kualitas air dirancang menggunakan 3 macam sensor sebagai parameter <i>input</i> yaitu PH, kekeruhan, TDS. Nilai <i>input</i> sensor diproses menggunakan logika fuzzy sugeno. Aturan yang dibentuk berjumlah 27 aturan Hasil akhir kualitas air ditampilkan melalui LCD 20 x 4 pada prototipe yang dibuat.

Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian

No	Nama	Judul	Perbandingan		
			Logika Fuzzy	Parameter Kelayakan	Website
1	Rahadithia Prayudha	Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor PH Dan Sensor TDS Berbasis <i>Mobile</i> (Studi Kasus Penampungan Air Bersih Desa Rawa Burung) (2020)	×	2	<i>Mobile</i>
2	Fitri Febrianti, Suryo Adi Wibowo, Nurlaily Vendyansyah	Implementasi IOT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil (2021)	×	2	✓
3	Fanharis Chuzaini, Dzulkifli	IOT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, PH, Dan Total Dissolved Solids (TDS) (2022)	×	3	×
4	Nanda Cahaya Putra, Jayanta, Yuni Widiawati	Penerapan Logika Fuzzy Untuk Mendeteksi Kualitas Air Higiene Sanitasi Menggunakan Metode Sugeno (Studi Kasus: Air Tanah Kota Bekasi) (2020)	✓	3	×
5	Arini Rifqiya Wahdati	Pengembangan Prototipe Internet of Things (IOT) Pemantau Kelayakan Air Higiene Sanitasi Pondok Pesantren Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno (2023)	✓	4	✓

Beberapa kesimpulan dari tabel perbandingan penelitian tersebut di atas adalah sebagai berikut:

1. Penelitian oleh Prayudha (2020) membangun sistem pendeteksi kualitas air bersih hanya menggunakan 2 parameter kelayakan yaitu PH dan TDS serta tidak menggunakan logika fuzzy dalam pengolahannya.
2. Penelitian oleh Febrianti, dkk (2021) membangun sistem monitoring kualitas air bersih menggunakan 2 parameter kelayakan yaitu PH dan kekeruhan serta tidak menggunakan logika fuzzy dalam pengolahannya.
3. Penelitian oleh Chuzaini dan Dzulkiflih (2022) membangun sistem monitoring kualitas air dengan 3 parameter kelayakan yaitu suhu, PH dan TDS tanpa menggunakan logika fuzzy pada pengolahannya.
4. Penelitian oleh Putra, dkk (2020) membangun sistem pendeteksi kualitas air higiene sanitasi menggunakan metode fuzzy sugeno dengan 3 variabel input sebagai parameter kelayakan yaitu parameter PH, TDS dan kekeruhan. Penelitian ini juga tidak menyediakan *website* sebagai *platform* pemantauan jarak jauh untuk pengguna.
5. Penelitian oleh Wahdati (2023) menggunakan metode fuzzy dengan model penalaran Takagi-Sugeno Kang dengan jumlah parameter kelayakan yang lebih banyak yaitu 4 parameter (PH, kekeruhan, TDS dan Suhu) serta menyediakan *website* sebagai *platform* pemantauan untuk pengguna.

Perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan oleh Wahdati (2023) memiliki kelengkapan lebih dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan 4 parameter, pengolahan menggunakan fuzzy dan menyediakan *website*.

2.2 *Internet of Things (IoT)*

Gagasan mengenai *Internet of Things (IoT)* diperkenalkan pertama kali oleh Kevin Ashton dalam salah satu presentasinya pada tahun 1999. *Internet of Things (IoT)* merupakan konsep komputasi dimana benda-benda fisik dalam kebutuhan sehari-hari dihubungkan dengan internet sehingga benda-benda tersebut dapat saling bertukar data. *Internet of Things* juga digambarkan sebagai sebuah struktur dimana benda atau orang diberikan kemampuan untuk memindahkan data melalui jaringan tanpa protokol *two-way handshaking* dari sumber ke tujuannya (Burange dan Misalkar, 2015). Konsep ini dapat dikatakan menjadi sebuah jembatan yang menghubungkan teknologi dengan nilai sosial guna menjadi solusi bagi persoalan yang ada. Melalui konsep ini, konektivitas internet tidak hanya dimanfaatkan terhadap perangkat-perangkat umum, seperti laptop dan gawai, namun juga dapat dimanfaatkan terhadap perkakas sehari-hari agar dapat saling berkomunikasi.

Dalam lingkup standarisasi teknik, *Internet of Things* berperan sebagai infrastruktur global yang dapat memenuhi kebutuhan informasi umum, menguatkan potensi berbagai layanan canggih dan tentu perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (Yudhanto dan Azis, 2019). Tantangan utama dalam penerapan *Internet of Things* adalah menemukan solusi atas kesenjangan yang terjadi antara dunia nyata dan dunia maya. Misal, bagaimana mengolah data yang didapatkan dari perangkat elektronik antara pengguna dan perangkat tersebut melalui *interface* yang ada. Sebuah sensor juga dapat bekerja jika data mentah yang dikumpulkan kemudian dikonversi oleh mesin agar menjadi format yang dimengerti dan mudah dipertukarkan (Junaidi, 2015).

Penerapan konsep *Internet of Things* memungkinkan banyak hal terkoneksi secara fleksibel dan adaptif. Berbagai hal dapat dikendalikan, dikontrol, ditelusuri atau dipantau secara *realtime* melalui *Internet of Things*. Konsep ini dilakukan dengan menggabungkan perangkat keras teknologi guna mengambil, membaca, menyimpan atau memproses data dengan perangkat lunak teknologi guna menganalisis, memvisualisasi atau menyimpan data dalam jangka panjang.

Internet of Things bekerja dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman. Setiap perintah pada pemrograman tersebut akan menghasilkan interaksi otomatis antar alat yang terhubung. Interaksi otomatis antar alat tersebut dapat terjadi dengan dijumpai oleh internet. Konsep awal mengenai *Internet of Things* bersumber pada kontrol otomatisasi dan kecerdasan intelektual. Arsitektur *Internet of Things* mencakup jaringan-jaringan dan sistem yang rumit serta keamanan yang ketat. Sehingga hal tersebut menjadi tantangan besar dalam pengembangan sebuah sistem dengan konsep *Internet of Things*. Bagian lain yang juga menjadi penentu dalam membangun sebuah sistem dengan *Internet of Things* yaitu ukuran, ruang dan waktu (Adani dan Salsabil, 2019).

Internet of Things (IoT) kini banyak diterapkan dalam berbagai bidang di dalam kehidupan manusia. Penerapan *Internet of Things (IoT)* diantaranya, dalam bidang medis, pemantauan keadaan pasien secara *real-time* melalui pemasangan sensor (misal: sensor detak jantung) dan sensor lainnya yang terhubung secara terpusat sehingga dapat memberikan sinyal pemberitahuan dan peringatan; dalam bidang keamanan, *Internet of Things (IoT)* dimanfaatkan untuk memonitoring keadaan sekitar melalui CCTV yang dapat dikontrol dimanapun; dalam bidang

pertanian, pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* dilakukan untuk memantau tanaman dengan menggunakan beberapa sensor (misal: sensor PH tanah, sensor kelembaban dan suhu) agar pertumbuhan tanaman lebih maksimal; dalam bidang peternakan, pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* digunakan untuk memantau hewan-hewan ternak serta dapat pula dimanfaatkan untuk memberikan beberapa tindakan seperti pemantauan dan pemberian pakan secara otomatis; dalam bidang otomotif, pemanfaatan *Internet of Things (IoT)* dilakukan dengan memberikan fitur *smart driving* pada kendaraan serta memberi kendaraan fitur yang dapat dikendalikan jarak jauh. Selain mempermudah, penggunaan *Internet of Things (IoT)* juga dapat menjadi solusi menyelesaikan permasalahan melalui data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya.

2.3 Sistem Pemantau

Sistem *monitoring* dalam Bahasa Indonesia dapat diterjemahkan sebagai sistem pemantau. Sistem pemantau merupakan suatu prosedur untuk menghimpun berbagai data dari berbagai sumber daya. Sistem pemantau dirancang sebagai sistem yang dapat mengumpulkan data dan memberikan umpan balik suatu informasi. Tahapan sebuah sistem monitoring secara garis besar terbagi ke dalam tiga proses yaitu pengumpulan data pemantauan, analisis data pemantauan dan menampilkan data hasil pemantauan. Proses pemantauan tanpa sebuah alat memiliki kelemahan antara lain data kurang akurat, tidak efektif dan efisien (Simbar dan Syahrin, 2016).

Sistem pemantau juga dapat didefinisikan sebagai sekumpulan prosedur dan program yang dirancang untuk dapat memberikan umpan balik informasi keadaan

sistem secara aktual ketika program sedang menjalankan fungsinya. Sistem sedemikian rupa dibuat agar dapat merekam dan mentransmisikan data berdasarkan informasi yang diperoleh. Secara sederhana, sistem pemantau adalah sekumpulan fitur informatif mengenai apa saja yang terjadi dengan objek yang sedang dipantau (Wijaya dan Sukarni, 2019).

Sistem pemantau merupakan sistem yang sangat penting dan berfungsi sebagai pemberi data yang nantinya akan diproses secara lanjut setelah data tersebut terkirim dari sebuah sistem pemantau. Sistem pemantau memiliki dua format konfigurasi data yaitu konfigurasi data untuk sistem itu sendiri dan konfigurasi data untuk sistem yang dipantau (Suryantoro, 2019). Sistem pemantau yang efektif dibangun dengan memperhatikan beberapa kriteria yang harus ada didalamnya, antara lain:

1. Fitur sistem yang *user friendly* (ramah pengguna) dengan menerapkan konsep pengembangan yang sederhana, jelas, padat dan mudah dimengerti. Perancangan fitur dibuat sebaik mungkin agar dapat memberikan kebermanfaatan yang jelas
2. Memilih indikator utama terhadap sesuatu yang ingin dipantau dengan tepat agar sistem menjadi lebih terarah dan dapat mewakili hal yang dipantau.
3. Perencanaan teknis yang matang agar perancangan sistem dapat dilakukan secara terarah dan terstruktur.
4. Prosedur pengolahan data yang sesuai agar sistem pemantau yang dibangun memiliki keakuratan data serta memberikan kemudahan proses masuk dan keluarnya data.

2.4 Standarisasi Air Untuk Higiene Sanitasi

Standarisasi kualitas air dapat ditentukan melalui tiga kelompok parameter yaitu fisika, kimiawi dan mikrobiologi. Tiga kelompok parameter tersebut memiliki beberapa kondisi yang harus dipenuhi antara lain kondisi secara fisika, seperti, tidak mengandung bahan-bahan berbahaya bagi kesehatan, suhunya normal; kondisi secara kimiawi, seperti, derajat keasamaan yang stabil, kandungan besi rendah; dan kondisi secara mikrobiologi, seperti, jaminan tidak ada kandungan *coliform* dalam air tersebut.

Lebih lanjut, dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 23 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per Aqua*, Dan Pemandian Umum, standar yang ditetapkan pada sarana air untuk keperluan higiene sanitasi meliputi parameter fisik, parameter biologi, dan parameter kimia. Setiap dari parameter tersebut memiliki beberapa parameter wajib yang harus dikontrol secara periodik sesuai dengan ketentuan yang ada dalam perundang-undangan. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Parameter fisik yang wajib dicek berkala agar memenuhi baku mutu air untuk higiene sanitasi

Tabel 2. 3 Parameter Fisik Wajib Untuk Higiene Sanitasi

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	Kekeruhan	25 NTU*
2.	Warna	50 TCU*
3.	TDS	1000 mg/l
4.	Suhu	± 3 °C suhu udara

5.	Rasa	tidak berasa
6.	Bau	tidak berbau

(Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Keterangan (*):

- NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) adalah standar satuan untuk mengukur tingkat kekeruhan.

- TCU adalah *True Color Unit*.

- a. Parameter biologi yang wajib dicek berkala agar memenuhi baku mutu air untuk higiene sanitasi

Tabel 2. 4 Parameter biologi wajib untuk higiene sanitasi

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	Total <i>Coliform</i>	50 CFU/100 ml*
2.	<i>E. Coli</i>	0 CFU/100 ml

(Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Keterangan (*):

- CFU adalah *Colony Forming Unit* dalam 100 ml sampel air yang diuji

- b. Parameter kimia yang wajib dicek berkala agar memenuhi baku mutu air untuk higiene sanitasi

Tabel 2. 5 Parameter kimia wajib untuk higiene sanitasi

No.	Parameter	Kadar Maksimum
1.	PH	6,5 – 8,5 mg/l
2.	Besi	1 mg/l
3.	Fluorida	1,5 mg/l
4.	Kesadahan	500 mg/l
5.	Mangan	0,5 mg/l

6.	Nitrat	10 mg/l
7.	Nitrit	1 mg/l
8.	Sianida	0,1 mg/l
9.	Deterjen	0,05 mg/l
10.	Pestisida Total	0,1 mg/l

(Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2017).

Pada penelitian ini, nilai parameter yang digunakan adalah 4 parameter yang diambil dari parameter-parameter yang disebutkan di atas. Pemilihan parameter didasarkan pada parameter-parameter penting yang memenuhi ketentuan air yang layak yaitu tidak berbau, tidak berwarna dan tidak berasa (Prayudha, 2020).

Parameter tersebut antara lain:

1. PH atau Derajat Keasaman

PH atau derajat keasamaan yaitu suatu ukuran yang menunjukkan jumlah ion hidrogen yang ada pada suatu zat. Tingkat asam dan basa suatu larutan ditentukan dalam skala internasional dengan rentang nilai 0 – 14 (Putra dkk, 2020). Kadar maksimum PH yang ditetapkan Kementerian Kesehatan untuk air keperluan higiene sanitasi yaitu dalam rentang 6,5 – 8,5. Apabila kadar PH dalam air terlalu rendah maka beresiko menyebabkan efek korosif seperti karat atau menimbulkan noda. Sedangkan, kadar PH yang terlalu asam atau terlalu basa dapat mengakibatkan iritasi pada mata dan juga kulit.

2. Kekeruhan

Kekeruhan yaitu ukuran yang digunakan untuk menggambarkan jumlah partikel tersuspensi atau zat lain yang terdapat dalam suatu larutan sehingga larutan

tersebut kehilangan transparansinya. Semakin banyak jumlah partikel atau zat yang ada, maka akan menyebabkan sebuah larutan seperti berkabut atau tidak jernih (Putra dkk, 2020). Kadar maksimum kekeruhan yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan untuk air keperluan higiene sanitasi yaitu sebesar 25 NTU.

Sedangkan, kondisi keruh pada air akan mulai terlihat jika NTU menunjukkan nilai di atas 4. Nilai kekeruhan yang tinggi dapat diindikasikan bahwa air tersebut terkontaminasi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur yang dapat menyebabkan resiko berbagai macam penyakit.

3. *Total Dissolved Solids*

Total Dissolved Solids yaitu ukuran yang digunakan untuk menggambarkan zat padat terlarut seperti magnesium, kalsium, senyawa koloid dan sebagainya yang terkandung dalam sebuah larutan. Kandungan TDS yang tinggi dapat menyebabkan dampak buruk seperti memicu pembentukan batu ginjal, meninggalkan noda pada produk yang dicuci, menimbulkan busa berlebihan saat mencuci dan resiko lainnya (Putra dkk, 2020).

Kadar maksimum TDS yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan untuk air keperluan higiene sanitasi yaitu sebesar 1000 mg/l. Semakin rendah nilai TDS, maka air akan semakin baik untuk digunakan. Nilai TDS yang dapat ditolerir untuk pemakaian higiene sanitasi adalah sebesar 250 mg/l.

4. Suhu

Suhu merupakan sebuah besaran fisika yang menyatakan keadaan panas atau dingin suatu benda. Jika keadaan dingin maka menunjukkan suhu rendah dan sebaliknya jika keadaan panas maka menunjukkan suhu normal. Pada air, suhu yang

tidak normal mengindikasikan bahwa terdapat bahan kimia yang terlarut dengan jumlah banyak. Selain itu, suhu air tidak normal juga disebabkan oleh proses pembusukan material organik yang disebabkan oleh mikroorganisme (Chuzaini dan Dzulkiflih, 2022).

Derajat suhu yang ditetapkan dalam peraturan Kementerian Kesehatan untuk air keperluan higiene sanitasi yaitu kurang lebih 3 °C terhadap suhu udara dimana air berada. Suhu air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aliran darah menuju kulit menjadi berlebihan. Sebaliknya, jika suhu air terlalu rendah dapat menyebabkan pembuluh darah menyempit. Air untuk kebutuhan yang berhubungan dengan kulit manusia, idealnya memiliki derajat suhu sekitar kisaran suhu tubuh agar nyaman di kulit. Menurut BMKG, suhu udara normal di Indonesia yaitu sebesar 26.8 – 27 °C. Sehingga, suhu normal untuk air higiene sanitasi ditetapkan kisaran 20 – 30 °C.

2.5 Arduino Uno + Wifi R3 (RobotDyn)

Arduino ini merupakan perangkat keluaran pabrikan RobotDyn yang dimodifikasi dari Arduino Uno R3 klasik. RobotDyn mendesain Mikrokontroler Atmel ATmega328 dan IC Wi-Fi ESP8266 menyatu dalam satu *board* serta terintegrasi pula secara penuh. Kedua modul tersebut dapat berjalan secara bersama-sama atau dapat pula berjalan secara individu. Chip komunikasi serial yang digunakan pada *board* ini yaitu konverter USB-TTL CH340G. Sedangkan *port* koneksi USB yang digunakan sebagai penghubung yaitu tipe mikro USB. Desain Arduino keluaran RobotDyn memiliki sedikit perbedaan dengan Arduino Uno SMD Original dimana Arduino tipe RobotDyn hadir dengan *board* berwarna

hitam dan memiliki pin analog tambahan. Namun, secara *build quality*, Arduino keluaran RobotDyn dapat menyamai Arduino Uno SMD Original.



Gambar 2. 1 Arduino Uno+WiFi R3 RobotDyn

Secara keseluruhan, antarmuka Arduino Uno + Wifi R3 RodotDyn ini tidak banyak berbeda dengan *board* Arduino umumnya. Namun, ada beberapa pin tambahan pada Arduino Uno + Wifi R3 RobotDyn seperti 2 buah pin analog tambahan yaitu pin A6 dan pin A7, *ESP Pin's*, dan lain sebagainya.

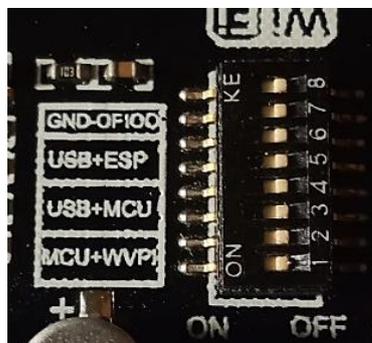
Lebih lengkapnya, spesifikasi Arduino Uno + Wifi R3 RobotDyn adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 6 Spesifikasi Arduino RobotDyn

Spesifikasi Arduino Uno + Wifi R3 RobotDyn		
Mikrokontroler	:	ATmega328
<i>IC Wi-Fi</i>	:	ESP8266
Konverter USB-TTL	:	CH340G
<i>Wi-Fi</i>	:	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2.4 GHz
<i>USB Port</i>	:	Mikro USB
<i>Power Out</i>	:	5V – 8000mA

<i>Power IN. USB</i>	:	5V (maks. 500mA)
<i>Power IN. VIN</i>	:	9 – 24V
Konsumsi Daya	:	5V – 800mA
Tegangan Kerja	:	5V
<i>Logic Level</i>	:	5V
<i>Clock Frequency</i>	:	16MHz
Pin I/O Digital	:	14
Pin I/O Analog	:	6
Ukuran Memori	:	32Mb
<i>Interface Type</i>	:	serial/OTA
Ukuran <i>Board</i>	:	53.34mm × 68.56mm

Arduino ini dapat bekerja dalam 8 mode kerja yang diatur melalui *switch* yang ada pada *board*. Gambar di bawah menunjukkan seluruh *switch* dalam keadaan *off* dimana semua modul bekerja secara individu.



Gambar 2. 2 *Switch* Arduino Uno+WiFi RobotDyn

Sedangkan, konfigurasi yang dapat dilakukan dengan ke-8 *switch* tersebut dapat dilihat melalui tabel di bawah ini.

Tabel 2. 7 *Switch Status* dan Opsi Mode Arduino RobotDyn

	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>CH340 connect to ESP8266 (upload sketch)</i>	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	×
<i>CH340 connect to ESP8266 (connect)</i>	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	×
<i>CH340 connect to ATmega328 (upload sketch)</i>	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	×
<i>Mega328+ESP8266</i>	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	×
Seluruh modul bekerja secara individu	OFF	×						

2.6 Sensor

Sensor merupakan elemen yang dirangkai agar dapat mengubah sinyal berbentuk fisik atau kimia menjadi bentuk lain dan kemudian dapat diterima oleh komputer. Ada banyak sensor yang telah digunakan salah satunya sebagai komponen dalam rangkaian untuk sistem cerdas seperti pada penelitian ini.

2.6.1 Sensor PH

Power of Hydrogen atau PH merupakan satuan ukuran yang mendeskripsikan derajat asam atau basanya suatu larutan dengan besaran skala 0 sampai 14 dalam satuan PH. Pengukuran PH pada dasarnya dapat diketahui

dengan membandingkan potensial elektro kimia larutan di dalam elektroda kaca yang telah diketahui dengan larutan di luar elektroda kaca yang belum diketahui. Keadaan tersebut disebabkan oleh lapisan tipis pada gelembung kaca yang berinteraksi dengan ion hidrogen yang relatif kecil dan aktif (Orlando dkk., 2020).

Sensor PH berfungsi sebagai pendeteksi tingkat PH air yang dimana *output*-nya berupa tegangan analog dengan *range power supply input* sebesar 3,3 – 5,5 Vdc dan *range output* tegangan analog sebesar 0 – 3 Vdc. Sehingga, perlu dilakukan konversi nilai yang telah dibaca oleh sensor dengan mengoperasikannya ke dalam rumus pada kode program yang dibuat (Febrianti dkk., 2021).



Gambar 2. 3 Modul Sensor PH 4502C

Modul sensor PH yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Modul Sensor PH 4502C dengan Probe Konektor BNC E-201-C-9. Sensor PH ini dirancang dengan koneksi dan fitur yang sederhana tetapi nyaman dan praktis digunakan pada Arduino. Sensor ini memiliki lampu LED sebagai indikator daya, konektor BNC dan petunjuk *over range*. Penggunaanya juga cukup mudah hanya dengan menghubungkan *probe* PH dengan konektor BNC dan menghubungkannya ke *interface* PH 4502C ke *port input* analog pada Arduino. Tingkat akurasi pembacaan PH yang dihasilkan juga tergolong cukup baik.

Adapun spesifikasi Sensor PH yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat melalui Tabel 2.8 di bawah ini.

Tabel 2. 8 Spesifikasi Sensor PH 4502C

Spesifikasi Sensor PH 4502C		
Modul Daya	:	5.00V
Ukuran Modul	:	43mm × 32mm
Rentang Pengukuran	:	0 – 14
Rentang Pengukuran Suhu	:	0-60 °C
Akurasi	:	± 0.1PH (25 °C)
Waktu Respons	:	≤ 1 menit
Sensor PH dengan Konektor BNC		
<i>Interface</i>	:	PH2.0 (3 kaki patch)
Potensiometer yang fleksibel (dapat disesuaikan)		
Indikator Daya LED		

2.6.2 Sensor Kekeruhan

Sensor Kekeruhan merupakan sensor yang berfungsi untuk mengukur tingkat kekeruhan dengan mendeteksi partikel tersuspensi di dalam air. Metode pengukuran sedemikian rupa disebut dengan Metode Turbidimetri. Metode Turbidimetri bekerja dengan cara menghitung nilai transmitansi dan hamburan cahaya yang sama besar dengan kadar *Total Suspended Solids* (TSS). Apabila kadar

TSS menunjukkan angka yang tinggi, maka tingkat kekeruhan air juga semakin tinggi begitu pula sebaliknya.

Sensor ini menyediakan kemudahan dengan menyediakan 2 mode *output* yaitu analog dan digital menyesuaikan pada mikrokontroler yang dipakai (Febrianti dkk., 2021). Sensor Kekeruhan yang dipakai pada penelitian ini yaitu Sensor Kekeruhan SKU SEN0189.



Gambar 2. 4 Sensor Kekeruhan SKU SEN0189

Adapun spesifikasi Sensor Kekeruhan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.9 di bawah ini.

Tabel 2. 9 Spesifikasi Sensor Kekeruhan SKU SEN0189

Spesifikasi Sensor Kekeruhan SKU SEN0189		
Tegangan Kerja	:	5V DC
Arus Kerja	:	40mA (maks.)
Waktu Respon	:	<500ms
Resistensi Isolasi	:	100M (min.)
Suhu Operasional	:	5°C - 90°C
Suhu Penyimpanan	:	-10°C - 90°C

Output Analog	:	0 - 4.5V
Output Digital	:	Sinyal level Tinggi-Rendah yang dapat disesuaikan nilai ambangnya lewat potensiometer
Dimensi Adaptor	:	38mm * 28mm * 10mm / 1.5 inci * 1.1 inci * 0.4 inci
Bobot Modul Keseluruhan	:	30g

2.6.3 Sensor TDS

Sensor TDS merupakan sensor yang menunjukkan jumlah miligram kandungan padatan yang terlarut dalam satu liter air. Secara umum, jika nilai TDS semakin tinggi maka jumlah padatan yang terlarut dalam air semakin banyak. Parameter TDS merupakan salah satu parameter yang relevan dalam mengukur tingkat pencemaran air (Prayudha, 2020).



Gambar 2. 5 Sensor TDS SEN0244

Sensor TDS adalah sebuah EC meter dengan 2 buah elektroda berjarak sama yang dapat bekerja untuk mengukur muatan. Output yang dihasilkan kemudian diinterpretasikan dan dikonversi menjadi angka dengan satuan ppm. Sensor TDS

yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sensor TDS SEN0244. Sensor ini dapat bekerja dalam input tegangan sebesar 3.3 – 5.5V sehingga kompatibel dengan sistem atau papan kontrol yang bertegangan 3.3V atau 5V. Sensor ini memiliki *probe* yang tahan air dan dapat bertahan di dalam air untuk jangka waktu pengukuran yang lama. Sumber eksitasi yang merupakan sinyal AC dapat menahan *probe* dari polarisasi sehingga memperpanjang umur *probe* dan kestabilan sinyal output meningkat.

Adapun spesifikasi Sensor TDS SEN0244 yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.10 di bawah ini.

Tabel 2. 10 Spesifikasi Sensor TDS SEN0244

Spesifikasi Sensor TDS SEN0244		
Tegangan Masukan	:	3.3 – 5.5V
Tegangan Keluaran	:	0 – 2.3V
Tegangan Kerja	:	3 – 6mA
Rentang Pengukuran TDS	:	0 – 1000ppm
Akurasi Pengukuran TDS	:	± 10% F.S. (25°C)
Ukuran Modul	:	42 x 32mm
Antarmuka Modul	:	PH2.0-3P
Antarmuka Elektroda	:	XH2.54-2P
Panjang Total <i>Probe</i>	:	83cm
Jumlah Jarum <i>Probe</i>	:	2 Jarum

2.6.4 Sensor Suhu

Sensor suhu digital DS18B20 merupakan sensor suhu yang diproduksi Dallas Semiconductor. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perubahan suhu sekitar yang kemudian dikonversi menjadi tegangan listrik. Sensor suhu DS18B20 berkomunikasi secara *one wire* sehingga tidak memerlukan banyak kabel dalam instalasinya. Sistem *one wire* pada sensor ini dapat membuat rangkaian paralel dengan satu *input*. Artinya sensor suhu yang digunakan pada suatu rangkaian dapat berjumlah lebih dari satu namun *output* sensornya hanya dihubungkan ke satu pin saja pada Arduino. Sensor suhu tipe ini mempunyai ketahanan terhadap air atau *waterproof* sehingga banyak digunakan sebagai alat ukur dan kontrol suhu air (Imam dkk., 2019).



Gambar 2. 6 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 bekerja dalam input tegangan umumnya sebesar 5V sesuai dengan tegangan kerja mikrokontroler. Sensor ini memiliki 3 pin atau kaki yaitu kaki Vcc berwarna merah yang berfungsi sebagai input tegangan (5V), kaki tengah berwarna kuning yang berfungsi sebagai *data output* dan kaki ketiga berwarna hitam yang berfungsi sebagai *ground*. Rentang pengukuran suhu yang dapat dideteksi yaitu mulai dari -55 °C sampai dengan +125 °C.

Adapun spesifikasi Sensor Suhu DS18B20 yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.11 di bawah ini.

Tabel 2. 11 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20		
Tegangan Kerja	:	3.0 – 5.5V
Konsumsi Arus	:	1 mA
Rentang Pengukuran Suhu	:	-55 – 125 °C
Akurasi Pengukuran	:	± 0.5%
Resolusi	:	9 – 12 bit
Waktu Konversi	:	< 750 ms
Diameter kabel	:	4 mm
Panjang Kabel	:	90 cm
Dilengkapi 64-bit ID unik yang di-burn dalam <i>chip</i>		
Dilengkapi <i>stainless steel waterproofing tube</i>		
- Panjang	:	35 mm
- Diameter	:	6 cm

2.7 Logika Fuzzy

Logika fuzzy mula-mula diperkenalkan oleh seorang profesor dari Barkelay pada tahun 1965 yaitu Prof. L. A. Zadeh. Logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang termasuk bagian dari sistem kecerdasan buatan atau *Artificial Intelligent*.

Logika ini dibuat dengan mengimitasi kemampuan berfikir manusia menjadi sebuah algoritma yang dapat dijalankan mesin. Algoritma ini dapat diaplikasikan dalam berbagai pemrosesan data yang tidak dapat disajikan dalam bentuk biner. Berbeda dengan logika digital konvensional yang hanya memiliki nilai 0 atau 1, nilai derajat keanggotaan yang digunakan dalam logika *fuzzy* memiliki rentang 0 sampai 1. Logika *fuzzy* dapat menggambarkan sejauh mana suatu nilai memiliki kondisi benar atau salah. Logika ini merupakan salah satu metode yang tepat untuk memetakan besaran input ke dalam besaran output (Amalia dkk., 2020).

Kelebihan logika fuzzy dibandingkan dengan logika konvensional yang lain adalah memungkinkan proses penalaran tidak secara persamaan matematik namun dapat dilakukan secara bahasa (Putra dkk., 2020). Logika fuzzy dapat menjadi pendekatan dalam memecahkan masalah dengan memodelkan fungsi linier dan fungsi non-linier. Fleksibilitas, tingkat akurasi yang tinggi dan toleransi terhadap suatu data menjadi salah satu keuntungan dalam menggunakan logika ini. Selain itu, pengujian data pada logika ini dapat dilakukan dengan bahasa yang mudah dipahami secara umum (Umam dkk., 2022). Penambahan *input* baru pada logika ini tidak memerlukan perhitungan ulang pada semua fungsi seperti pada logika konvensional cukup hanya menyertakan penambahan fungsi keanggotaan baru.

Dalam memahami logika fuzzy, ada beberapa istilah yang perlu diketahui, antara lain:

- a. Variabel Fuzzy, merupakan variabel-variabel yang hendak dibahas dalam suatu prosedur fuzzy. Variabel dalam fuzzy dapat berupa suhu, umur, kecepatan, produksi dan lain sebagainya.

b. Himpunan Fuzzy

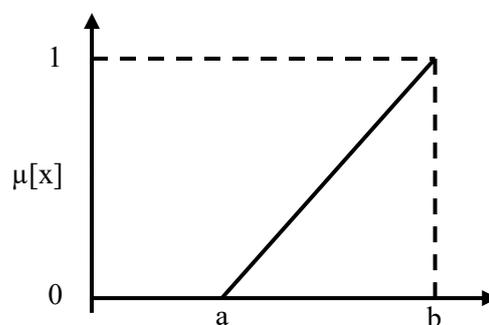
Pada logika Fuzzy, himpunan fuzzy merepresentasikan keadaan-keadaan yang memungkinkan pada suatu variabel fuzzy. Nilai keanggotaan pada himpunan fuzzy menunjukkan bahwa setiap hal dalam semesta pembicaraan dapat mencakup bilangan *real* dengan sebuah interval sehingga tidak hanya terbatas pada 0 dan 1.

c. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan sebuah kurva yang menyatakan penempatan titik *input* dalam nilai keanggotaannya melalui pendekatan fungsi. Fungsi keanggotaan dapat dibuat dalam beberapa bentuk kurva, yaitu representasi linier, representasi kurva trapesium dan representasi kurva segitiga.

- Representasi Linear

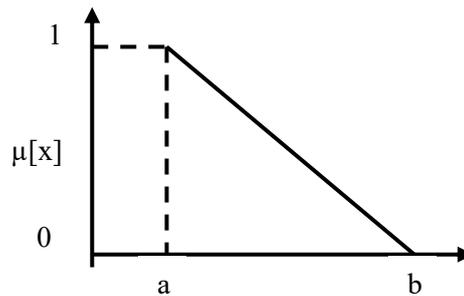
Representasi linear merupakan pemetaan input yang paling sederhana dengan penggambaran melalui suatu garis lurus. Representasi linear dapat dinyatakan dalam dua keadaan, yaitu representasi linear turun dan representasi linier naik.



Gambar 2. 7 Representasi Linier Naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x \leq b \\ 1 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$



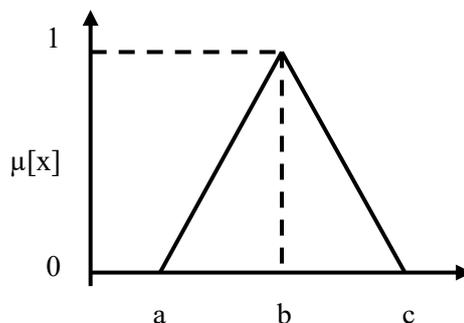
Gambar 2. 8 Representasi Linear Turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 0 & ; x \geq b \end{cases} \quad (2.2)$$

- Representasi Kurva Segitiga

Pada dasarnya, kurva dalam bentuk ini didapatkan dari gabungan antara 2 kurva linier. Kurva dengan fungsi keanggotaan segitiga terbentuk jika parameter yang digunakan terdiri dari 3 parameter, yaitu $(a, b, c \in R)$ dengan $(a \leq b \leq c)$ dan dinyatakan dengan segitiga (x, a, b, c) .



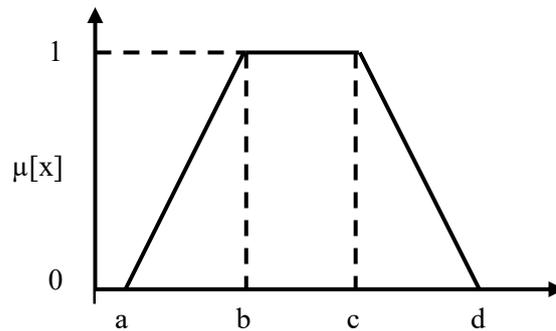
Gambar 2. 9 Representasi Kurva Segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)} & ; b < x < c \end{cases} \quad (2.3)$$

- Representasi Kurva Trapesium

Konsep yang digunakan dalam representasi kurva trapesium tidak jauh berbeda dengan yang digunakan dalam representasi kurva segitiga yakni penggabungan antara 2 kurva linear. Namun perbedaannya, terdapat beberapa titik pada representasi kurva trapesium yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2. 10 Representasi Kurva Trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & ; a < x < b \\ 1 & ; b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; c < x < d \end{cases} \quad (2.4)$$

d. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan merupakan bilangan-bilangan riil yang selalu mengalami kenaikan (bertambah) dari kiri ke kanan secara monoton. Semesta pembicaraan mencakup semua nilai yang diperkenankan untuk digunakan dalam suatu variabel fuzzy.

- e. Domain Fuzzy, merupakan seluruh nilai yang diperkenankan dalam sebuah semesta pembicaraan dan dapat digunakan dalam suatu himpunan fuzzy.

2.7.1 Metode Fuzzy Sugeno

Secara umum, ada 5 tahap dalam logika fuzzy, antara lain: 1) Mendefinisikan Himpunan Fuzzy; 2) Melakukan Fuzzifikasi dimana nilai *crisp* diubah menjadi sebuah variabel linguistik dalam fungsi keanggotaan fuzzy; 3) Membentuk *Fuzzy Rule*; 4) Inferensi atau Fungsi Implikasi, yaitu mengubah nilai *input* menjadi nilai *output* berdasarkan *fuzzy rules*; dan 5) Defuzzifikasi, yaitu mengubah *output* fuzzy yang telah dihasilkan pada langkah keempat (Dirgantara dkk., 2021).

Logika fuzzy memiliki beberapa model dalam mempresentasikan hasil logikanya yaitu Tsukamoto, Mamdani, dan Sugeno. Pada metode Sugeno, metode penalaran yang dilakukan serupa dengan penalaran pada metode Mamdani. Akan tetapi, *output* atau konsekuen yang dihasilkan bukan berupa himpunan fuzzy, tetapi berupa konstanta atau persamaan linier. Logika *fuzzy* dengan metode Sugeno merupakan model yang cocok dalam pengambilan keputusan karena memiliki toleransi pada data yang diolah dan sangat fleksibel. Pendekatan pada Metode

Sugeno juga dibagi menjadi 2 yaitu fuzzy sugeno orde nol dan fuzzy sugeno orde satu (Amalia dkk., 2020).

Pada fuzzy sugeno orde nol, bentuk umum persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) o (x_2 \text{ is } A_2) o \dots o (x_n \text{ is } A_n) THEN z = k \quad (2.5)$$

dengan A_i merupakan himpunan fuzzy ke- i sebagai anteseden, dan k merupakan suatu konstanta sebagai konsekuen.

Sedangkan, untuk fuzzy sugeno orde satu, bentuk umum persamaannya ditulis sebagai berikut:

$$IF (x_1 \text{ is } A_1) o \dots o (x_n \text{ is } A_n) THEN z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q \quad (2.6)$$

dengan A_i merupakan himpunan fuzzy ke- i sebagai anteseden, dan p_i merupakan suatu konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta dalam konsekuen.

Sedangkan, dalam langkah defuzzifikasi, Fuzzy Sugeno memiliki beberapa metode diantaranya adalah *Weighted Average* atau rata-rata terbobot yang akan digunakan dalam penelitian ini. Rumus yang digunakan dalam metode ini yaitu:

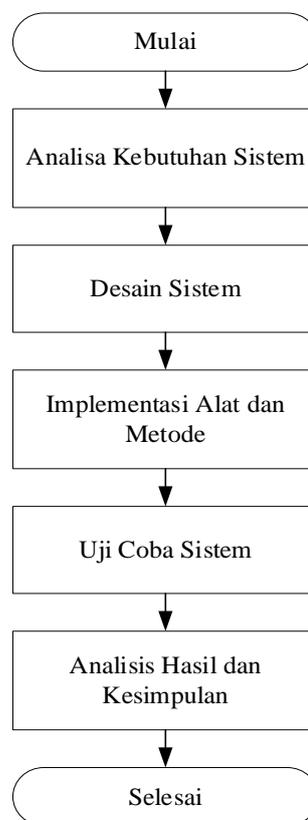
$$Weighted Average (z) = \frac{\sum_{y=1}^n \mu_{\bar{c}_i}(x_y) * (x_y)}{\sum_{z=1}^n \mu_{\bar{c}_i}(x_y)} \quad (2.7)$$

dimana $\mu_{\bar{c}_i}(x_z)$ adalah derajat keanggotaan dari setiap variabel pada aturan ke- n dan (x_z) adalah nilai *output* (tegas) pada aturan ke- n .

BAB III

ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini menguraikan tentang tahapan-tahapan penelitian yang dilaksanakan pada pengembangan sistem yang dibuat. Tahapan-tahapan tersebut disajikan melalui diagram alir pada Gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Uraian pada bagian ini menjelaskan hal-hal yang dibutuhkan dalam merancang sistem pada penelitian ini. Analisis kebutuhan sistem bertujuan agar sistem bekerja dengan baik dan berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Bagian ini

juga memberikan gambaran mengenai fitur yang akan dibuat serta mencegah kendala yang terjadi pada pengembangan sebelumnya terulang kembali.

3.1.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan dalam membangun sistem yang diteliti antara lain:

1. Arduino Uno + Wifi R3 RobotDyn, dengan spesifikasi Mikrokontroler ATmega328 dan IC WiFi ESP8266 menyatu dalam satu *board* dan terintegrasi. Dapat bekerja dalam 8 mode kerja. Digunakan untuk mengelola fuzzy sekaligus menghubungkan sistem dengan internet.
2. Sensor PH 4502C, dengan spesifikasi rentang pengukuran PH 0 – 14 berfungsi mengukur PH air.
3. Sensor Kekeruhan SKU SEN0189, berfungsi mengukur tingkat kekeruhan air pada air.
4. Sensor TDS SEN0244, dengan spesifikasi rentang pengukuran 0 – 1000ppm berfungsi mengukur zat padat terlarut pada air.
5. Sensor Suhu DS18B20, dengan rentang pengukuran -55 – 150 °C berfungsi mengukur suhu air.
6. Laptop/PC/*Smartphone*.
7. *Project Board*, Kabel *Jumper* dll.

3.1.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Kebutuhan perangkat lunak yang digunakan dalam membangun sistem yang diteliti antara lain:

1. *Firebase Realtime Database*, digunakan sebagai *database* sistem yang dapat menyimpan dan menyinkronkan data secara *realtime*.
2. *Firebase Hosting*, merupakan layanan hosting oleh *Google Firebase* yang digunakan pada sistem ini.
3. *Firebase Authentication*, berfungsi sebagai penyedia fitur autentikasi pada *website* yang dibuat.
4. *Arduino IDE*, merupakan aplikasi untuk membuat, mengedit, memverifikasi, dan mengunggah kode program ke dalam *Arduino*.
5. *Visual Studio Code*, merupakan *code editor open-source* yang digunakan untuk membangun aplikasi *website* pada sistem ini.

3.1.3 Kebutuhan Fungsional

Analisis kebutuhan fungsional menyatakan kebutuhan yang berkaitan dengan bagaimana sistem dapat memberikan layanan yang sesuai. Adapun kebutuhan fungsional yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut.

1. Sistem akan mengotomatisasi pemantauan atau pengecekan terhadap kelayakan air higiene sanitasi atau air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari di pondok pesantren.
2. Sistem dapat memberikan informasi nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS, nilai suhu dan nilai kelayakan air.
3. Pengguna dapat melihat informasi nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS dan nilai kelayakan air melalui aplikasi *website* dan menyimpan data tersebut.

3.1.4 Kebutuhan Non-Fungsional

Adapun analisis kebutuhan non-fungsional pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

1. Prototipe pada sistem ini dirancang lebih ringkas dengan menggunakan Arduino Uno + Wifi R3 RobotDyn yang menggabungkan Mikrokontroler ATmega328 dan IC WiFi ESP8266 dalam satu *board*.
2. Sistem menggunakan empat sensor penilai kelayakan air yaitu sensor PH, sensor kekeruhan, sensor TDS dan sensor suhu yang sesuai dengan parameter yang ada pada standar baku mutu air.
3. Sistem menyediakan tabel untuk menyimpan data-data kelayakan air dan dapat diunduh dalam beberapa ekstensi.

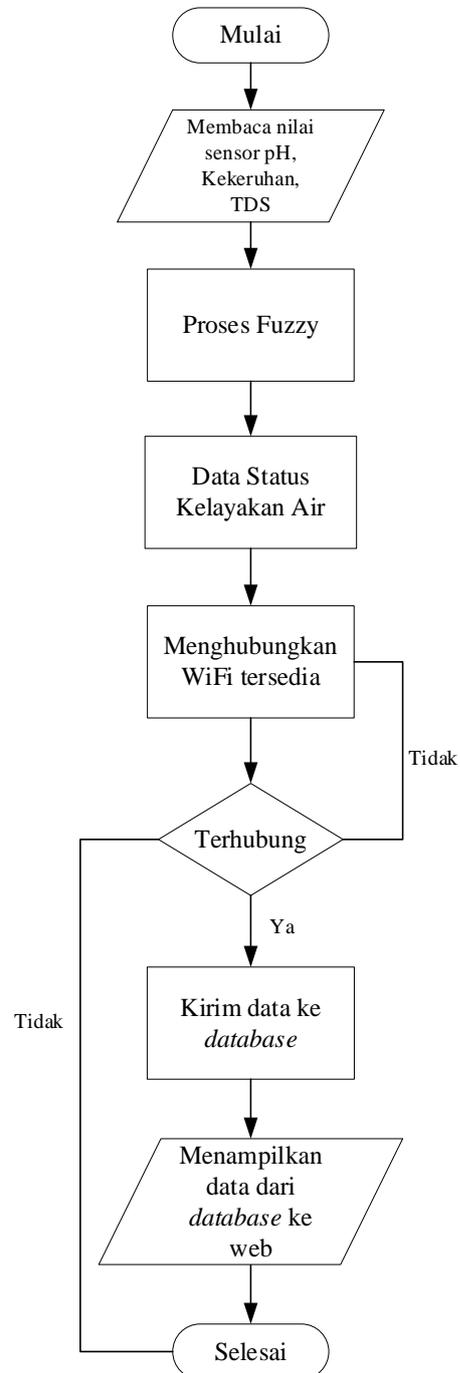
3.2 Perancangan Desain Sistem

Perancangan desain sistem menjelaskan konfigurasi yang dilakukan terhadap komponen perangkat keras dan perangkat lunak pada sistem yang akan dibuat. Perancangan desain sistem memberikan gambaran rangkaian input, proses, dan output terjadi dalam sistem yang dibuat.

3.2.1 Diagram Alir Sistem

Diagram Alir Sistem atau *flowchart* merupakan gambaran mengenai urutan proses yang terjadi dalam sistem serta hubungan antar perintah dan proses yang terjadi. Diagram alir dapat menjadi petunjuk alur untuk menyelesaikan masalah yang sedang dikerjakan.

Proses sistem pada penelitian ini disajikan melalui diagram alir pada Gambar 3.2 di bawah ini.



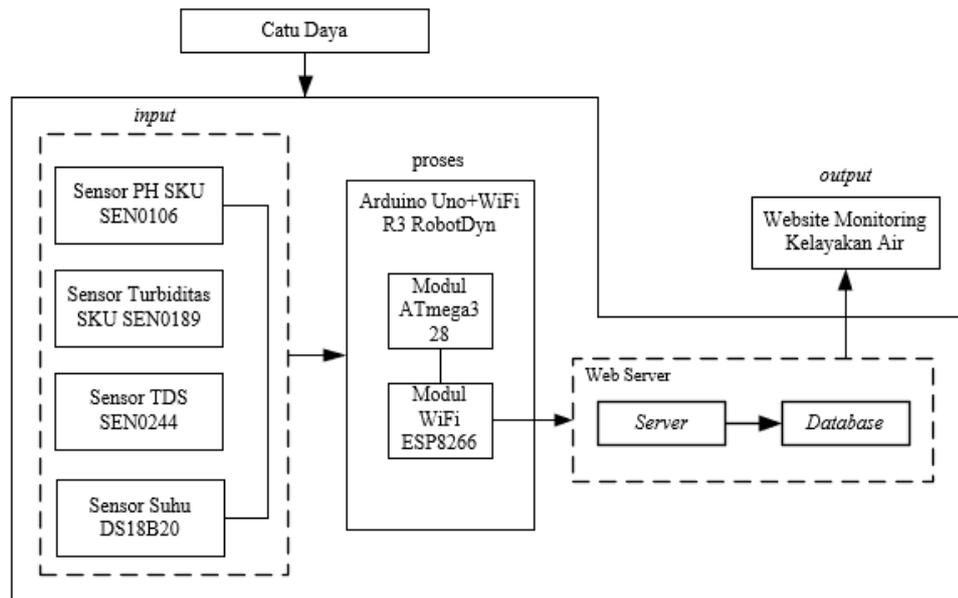
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem

Pada penelitian ini, sistem mula-mula bekerja dengan pembacaan nilai PH oleh sensor PH, nilai kekeruhan oleh sensor kekeruhan, nilai TDS oleh sensor TDS dan nilai suhu oleh sensor suhu terhadap air yang diuji sebagai *input*. Kemudian, nilai tersebut melalui proses yaitu diolah di dalam Arduino menggunakan Fuzzy Sugeno. Proses fuzzy tersebut kemudian menghasilkan data mengenai kelayakan air yang dicek. Sistem akan memastikan bahwa tersedia jaringan Wi-Fi yang dapat terhubung dengan sistem di sekitar sistem tersebut. Jika sistem telah terhubung dengan jaringan, maka data-data yang sudah ada akan dikirimkan ke *database*. Jika sistem tidak dapat terhubung dengan jaringan, maka ada dua pilihan yaitu menghubungkan kembali sistem dengan jaringan atau sistem akan selesai. Data-data pada *database* akan ditampilkan melalui aplikasi *web* yang telah dibuat.

3.2.2 Diagram Blok Sistem

Diagram Blok sistem menggambarkan fungsi utama pada sistem yang dinyatakan dalam blok-blok yang dihubungkan oleh sebuah garis. Diagram Blok juga dapat digambarkan sebagai karakteristik dinamis suatu sistem dan aliran sinyal, tetapi tidak menggambarkan komposisi fisik sistem tersebut.

Sensor PH, Sensor Kekeruhan, Sensor TDS dan Sensor Suhu bertindak sebagai *input* dari sistem dengan menghasilkan data nilai PH, nilai kekeruhan dan nilai TDS. Nilai-nilai tersebut yang diperoleh akan diolah oleh Arduino di dalam Modul ATmega328 menggunakan Logika *Fuzzy* Sugeno. Proses tersebut menghasilkan nilai kelayakan air yang kemudian akan dikirimkan lewat jaringan internet.



Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem

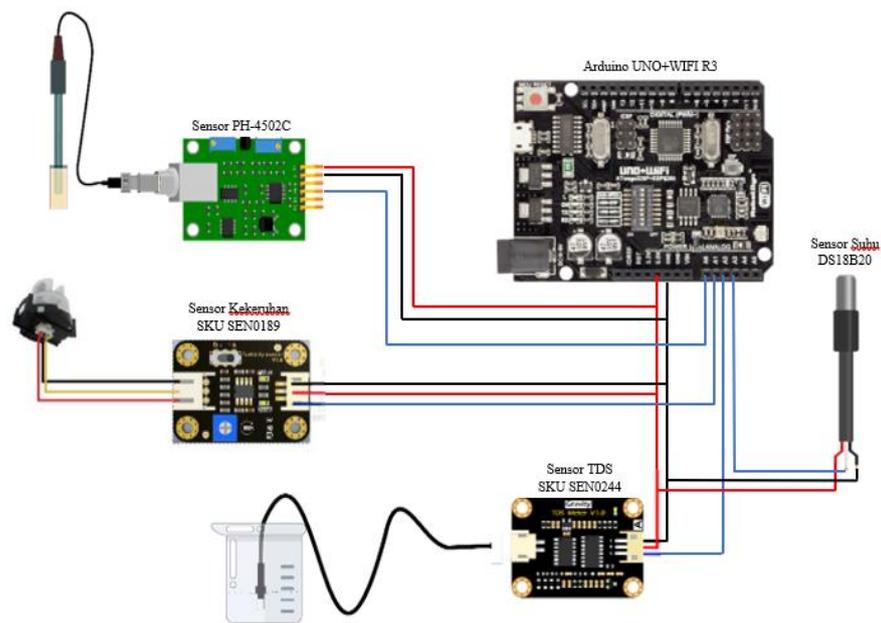
Pengiriman data akan ditangani oleh Modul Wi-Fi ESP8266 dengan mengirimkan hasil data yang telah diolah ke API *server* dan *database server*. Perangkat *user* dapat menerima dan menampilkan hasil akhir yaitu nilai dari setiap sensor dan status kelayakan air guna memantau kelayakan air hygiene sanitasi yang dimaksud.

3.2.3 Desain Rangkain Alat

Alat pemantau yang dibuat terdiri dari beberapa komponen elektronika yang dirangkai sehingga dapat berfungsi sebagaimana yang dimaksud. Beberapa komponen tersebut yaitu:

- a. Sensor PH-4502C, mengukur PH melalui ion-ion hidrogen yang ada di sekitar elektroda kaca pada probe yang dihubungkan. Sensor ini memiliki beberapa pin, yaitu 1 pin VCC 5V, 2 pin GND, 1 pin TO (*Temperature Output*), 1 pin DO, dan 1 pin PO (*PH Analog Output*). Pada alat yang

dirancang, pin yang digunakan adalah pin VCC 5V, pin GND dan pin PO. Pin VCC dihubungkan pada pin *output 5V* pada Arduino. Pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino. Pin PO (PH *Analog Output*) dihubungkan dengan pin analog A0 pada Arduino.



Gambar 3. 4 Skema Rangkaian Alat

- b. Sensor Kekeruhan SKU SEN0189, bekerja dengan mengukur transmisi cahaya dan tingkat hamburan yang akan berubah jika terhalang oleh partikel-partikel tersuspensi. Pada rancangan alat yang dibuat, ketiga pin yang dimiliki sensor ini akan digunakan sebagaimana berikut. Pin VCC dihubungkan dengan pin 5V pada Arduino. Pin GND dihubungkan dengan pin GND pada Arduino. Pin *signal output* dihubungkan pada pin analog A1 pada Arduino.
- c. Sensor TDS SKU SEN0244, bekerja dengan mengukur konduktivitas dalam larutan. Konduktivitas yang ada pada air sebanding dengan besaran

kandungan zat padat terlarut di dalam air. Pada rancangan alat yang dibuat, ketiga pin yang dimiliki sensor ini akan digunakan sebagaimana berikut. Pin VCC dihubungkan dengan pin 5V pada Arduino. Pin GND dihubungkan pada pin GND pada Arduino. Pin A (*Analog Signal Output*) dihubungkan pada pin analog A2 pada Arduino.

- d. Sensor Suhu DS18B20, bekerja mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan listrik. Pin VCC berwarna merah dihubungkan dengan pin 5V pada Arduino. Pin GND berwarna hitam dihubungkan dengan pin GND pada Arduino. Pin *data output* berwarna kuning dihubungkan pada pin digital D2 pada Arduino.
- e. Sensor PH, sensor kekeruhan, sensor TDS dan sensor suhu dihubungkan menuju Arduino Uno+WiFi R3. Arduino ini dapat bekerja sebagai mikrokontroler ATmega328 sekaligus IC Wi-Fi ESP8266 dalam satu *board*. Cara kerja dengan beberapa opsi mode yang dapat dijalankan pada *board* ini diatur melalui *switch* yang ada di dalam *board* tersebut. Pada rangkaian ini, kedua modul digunakan secara bersama-sama dengan mengaktifkan *switch* 1 dan *switch* 2.

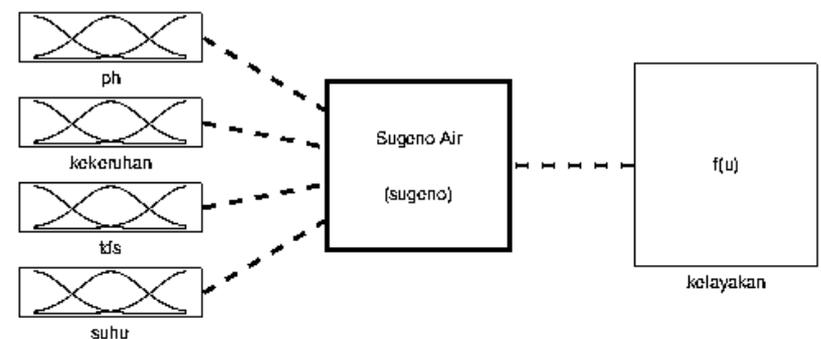
3.3 Perancangan Fuzzy Sugeno

Logika fuzzy dalam penelitian ini berperan sebagai logika pengolahan guna memutuskan nilai *output* yang sesuai terhadap nilai *input* yang diperoleh setiap sensor. Berdasarkan nilai output tersebut, maka akan diketahui status mutu air yang menjadi tujuan dalam pembuatan sistem. Model fuzzy yang digunakan dalam

penelitian adalah model Fuzzy Sugeno yang menerapkan bentuk konstanta sebagai variabel *output* sehingga dapat menghemat penggunaan memori.

3.3.1 Fuzzifikasi

Langkah pertama dalam proses logika *fuzzy* adalah menentukan himpunan serta fuzzifikasi. Fuzzifikasi berfungsi mengkonversi *input crisp* ke dalam bentuk himpunan *fuzzy*. Pada penelitian ini variabel yang digunakan terdiri dari 4 variabel *input* (PH, kekeruhan, TDS, suhu) dan 1 variabel *output* (kelayakan air).



Gambar 3. 5 Pemetaan input, proses dan output

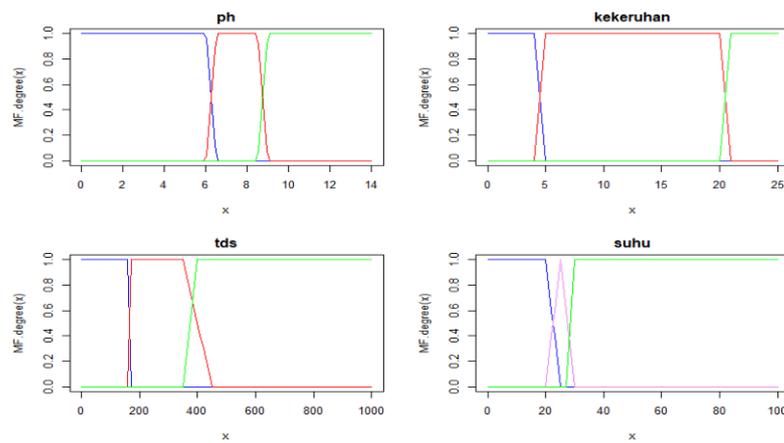
Beberapa percobaan dilakukan untuk menemukan fuzzifikasi yang terbaik dalam kasus penentuan kelayakan air. Penentuan kelayakan air dalam penelitian ini ditentukan oleh 4 *input* yaitu variabel PH, variabel kekeruhan, variabel TDS dan variabel Suhu. Keempat variabel tersebut dilakukan percobaan terhadap variasi rentang dan bentuk fungsi keanggotaannya. Berikut percobaan variasi fungsi keanggotaan penentuan kelayakan air:

a. Fuzzifikasi Model 1

Percobaan Fuzzifikasi Model 1 dilakukan dengan rentang dan bentuk fungsi keanggotaan sebagai berikut:

- PH = Asam (0 – 6.5); Netral (6 – 9); Basa (8.5 – 14)

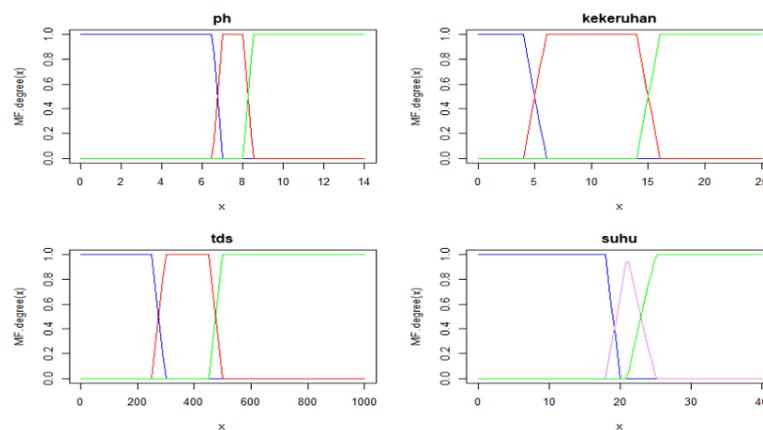
- Kekeruhan = Jernih (0 – 5); Kurang (4 – 21); Keruh (20 – 25)
- TDS = Rendah (0–170); Sedang (160–450); Tinggi (350–1000)
- Suhu = Dingin (0 – 25); Normal (20 – 30); Panas (27 – 100)



Gambar 3. 6 Percobaan Fuzzifikasi Model 1

b. Fuzzifikasi Model 2

Percobaan Fuzzifikasi Model 2 dilakukan dengan rentang dan bentuk fungsi keanggotaan sebagai berikut:



Gambar 3. 7 Percobaan Fuzzifikasi Model 2

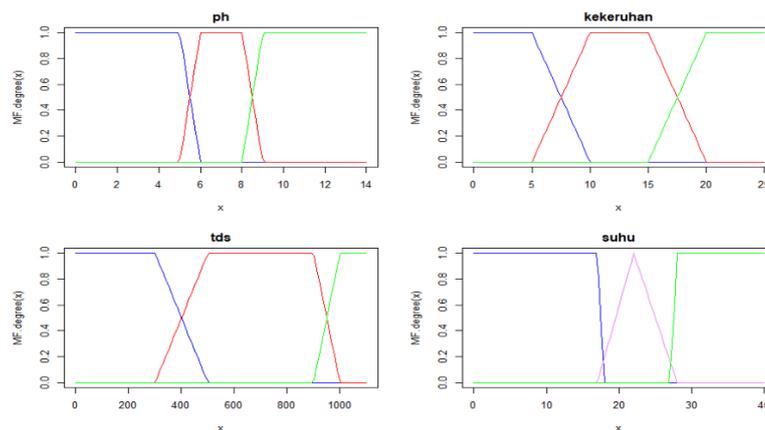
- PH = Asam (0 – 7); Netral (6.5 – 8.5); Basa (8 – 14)
- Kekeruhan = Jernih (0 – 6); Kurang (4 – 16); Keruh (14 – 25)

- TDS = Rendah (0–300); Sedang (250–500); Tinggi (450 – 1000)
- Suhu = Dingin (0 – 20); Normal (18 – 25); Panas (22 – 40)

c. Fuzzifikasi Model 3

Percobaan Fuzzifikasi Model 3 dilakukan dengan rentang dan bentuk fungsi keanggotaan sebagai berikut:

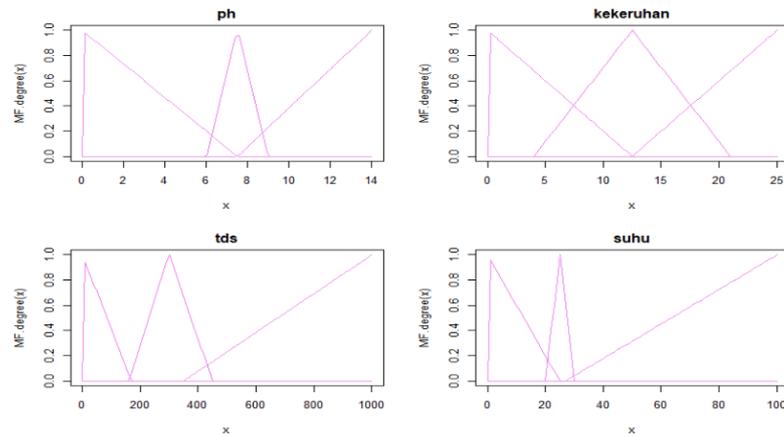
- PH = Asam (0 – 6); Netral (5 – 9); Basa (8 – 14)
- Kekeruhan = Jernih (0 – 10); Kurang (5 – 20); Keruh (15 – 25)
- TDS = Rendah (0 – 500); Sedang (300 – 1000); Tinggi (>900)
- Suhu = Dingin (0 – 18); Normal (17 – 28); Panas (27 – 40)



Gambar 3. 8 Percobaan Fuzzifikasi Model 3

d. Fuzzifikasi Model 4

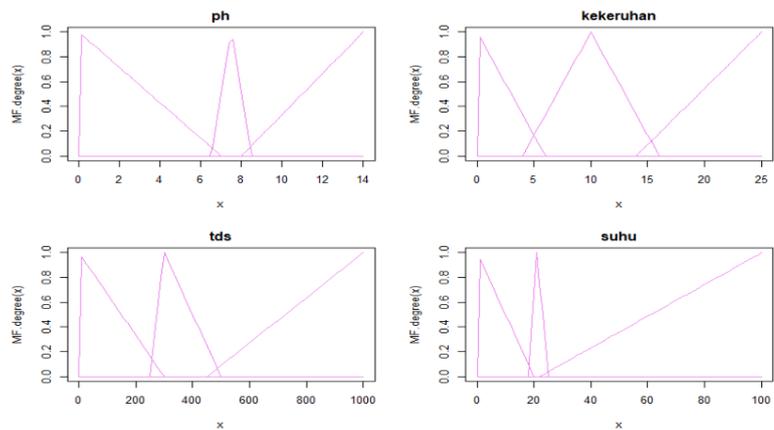
Percobaan Fuzzifikasi Model 4 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan yang sama dengan Fuzzifikasi Model 1. Namun, Fuzzifikasi Model 4 dibentuk dengan menggunakan representasi kurva segitiga. Fuzzifikasi Model 4 digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. 9 Percobaan Fuzzifikasi Model 4

e. Fuzzifikasi Model 5

Percobaan Fuzzifikasi Model 5 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan yang sama dengan Model 2. Namun, Fuzzifikasi Model 5 dibentuk dengan menggunakan representasi kurva segitiga. Fuzzifikasi Model 5 digambarkan sebagai berikut:

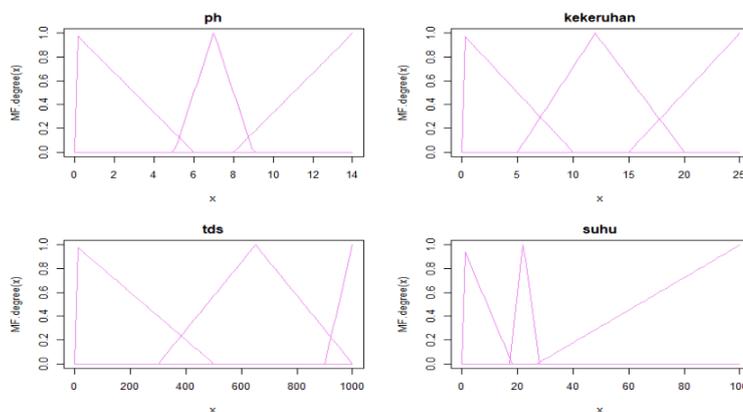


Gambar 3. 10 Percobaan Fuzzifikasi Model 5

f. Fuzzifikasi Model 6

Percobaan Fuzzifikasi Model 6 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan yang sama dengan Model 3. Namun, Fuzzifikasi Model 6

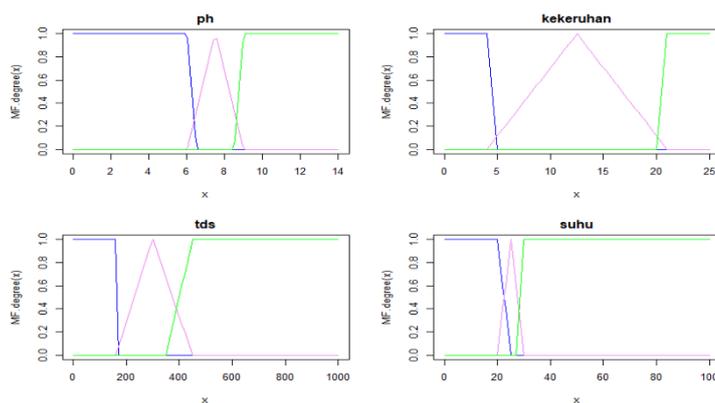
dibentuk dengan menggunakan representasi kurva segitiga. Fuzzifikasi Model 6 digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. 11 Percobaan Fuzzifikasi Model 6

g. Fuzzifikasi Model 7

Percobaan Fuzzifikasi Model 7 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan yang sama dengan Model 1. Namun, Fuzzifikasi Model 7 dibentuk dengan menggunakan representasi kurva gabungan trapesium dan segitiga. Fuzzifikasi Model 7 digambarkan sebagai berikut:



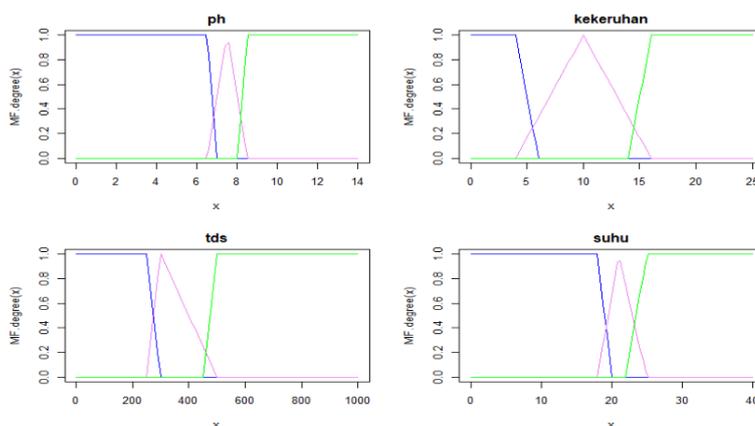
Gambar 3. 12 Percobaan Fuzzifikasi Model 7

h. Fuzzifikasi Model 8

Percobaan Fuzzifikasi Model 8 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan sama dengan Model 2. Namun, Fuzzifikasi Model 8 dibentuk

dengan menggunakan representasi kurva gabungan trapesium dan segitiga.

Fuzzifikasi Model 8 digambarkan sebagai berikut:

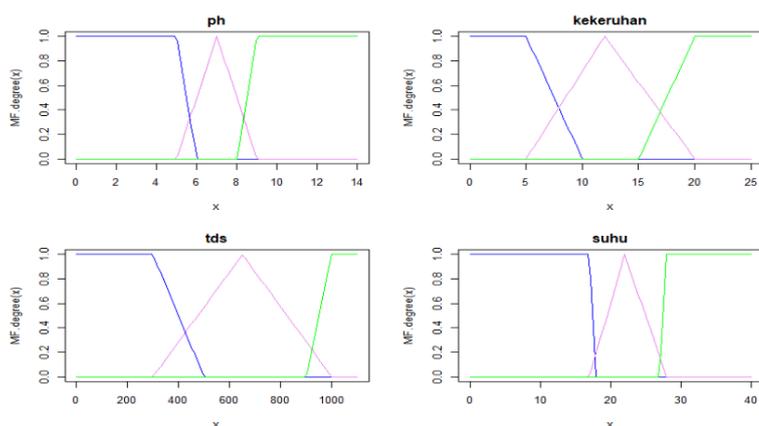


Gambar 3. 13 Percobaan Fuzzifikasi Model 8

i. Fuzzifikasi Model 9

Percobaan Fuzzifikasi Model 9 dilakukan dengan rentang fungsi keanggotaan sama dengan Model 3. Namun, Fuzzifikasi Model 9 dibentuk dengan menggunakan representasi kurva gabungan trapesium dan segitiga.

Fuzzifikasi Model 9 digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3. 14 Percobaan Fuzzifikasi Model 9

Kesembilan Model Fuzzifikasi tersebut kemudian disimulasikan menggunakan data kelayakan air berupa nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS dan

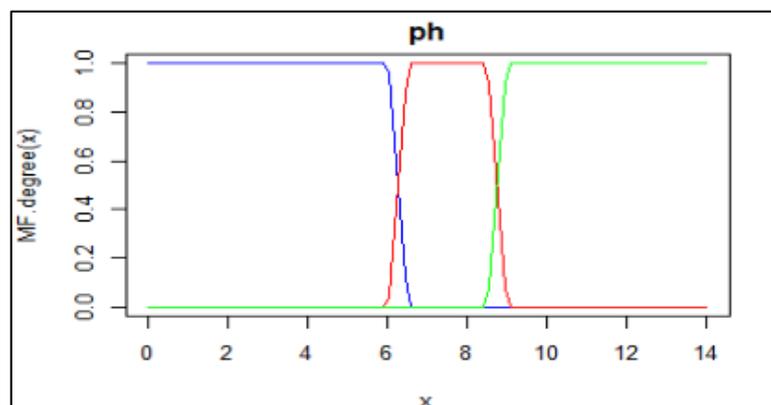
18	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
19	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
20	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
MAPE	10%	15%	20%	15%	15%	24%	7%	16%	19%

Berdasarkan kesembilan percobaan model fuzzifikasi tersebut, maka variasi fuzzifikasi yang memiliki presentase error yang kecil yaitu Model 7 dan Model 1. Sedangkan, variasi fuzzifikasi yang digunakan yaitu Model 1 karena lebih sesuai dengan peraturan standar baku mutu air hygiene sanitasi yang telah ditetapkan.

1. Variabel PH

Himpunan untuk variabel tingkat PH ditetapkan menjadi 3 himpunan, yaitu:

Asam (0 – 6.5); Netral (6 – 9); dan Basa (8.5 – 14).



Gambar 3. 15 Fungsi Keanggotaan Variabel PH

Variabel PH ditetapkan dengan rentang (semesta pembicaraan) sesuai standar yang ada. Variabel PH memiliki 3 himpunan yaitu asam dengan domain 0 – 6.5, netral dengan domain 6 – 9 dan basa dengan domain 8.5 –

14. Sedangkan, fungsi keanggotaan yang direpresentasikan dengan kurva trapesium dinyatakan dengan persamaan berikut.

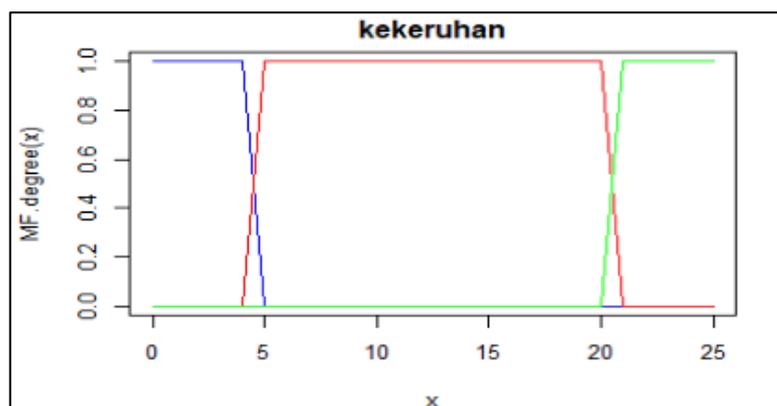
$$\mu_{\text{asam}}(x) = \begin{cases} 1 & ; x < 6 \\ \frac{(6.5 - x)}{(6.5 - 6)} & ; 6 \leq x \leq 6.5 \\ 0 & ; x > 6.5 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{\text{netral}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 6 \text{ atau } x > 9 \\ \frac{(x - 6)}{(6.5 - 6)} & ; 6 \leq x \leq 6.5 \\ 1 & ; 6.5 < x < 8.5 \\ \frac{(9 - x)}{(9 - 8.5)} & ; 8.5 \leq x \leq 9 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{\text{basa}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 8.5 \\ \frac{(x - 8.5)}{(9 - 8.5)} & ; 8.5 \leq x \leq 9 \\ 1 & ; x > 9 \end{cases} \quad (3.3)$$

2. Variabel Kekeruhan

Himpunan untuk variabel tingkat kekeruhan ditetapkan menjadi 3 himpunan, yaitu: Jernih (0 – 5 NTU); Kurang (4 – 21 NTU); dan Keruh (20 – 25 NTU).



Gambar 3. 16 Fungsi Keanggotaan Variabel Kekeruhan

Variabel kekeruhan ditetapkan dengan rentang (semesta pembicaraan) berdasarkan peraturan standarisasi kelayakan air yang sudah dibahas sebelumnya. Variabel kekeruhan memiliki 3 himpunan yaitu jernih dengan domain $0 - 5$, kurang dengan domain $4 - 2$ dan keruh dengan domain $20 - 25$. Sedangkan, fungsi keanggotaan yang direpresentasikan dengan kurva trapesium dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\mu_{\text{jernih}}(x) = \begin{cases} 1 & ; x < 4 \\ \frac{(5-x)}{(5-4)} & ; 4 \leq x \leq 5 \\ 0 & ; x > 5 \end{cases} \quad (3.4)$$

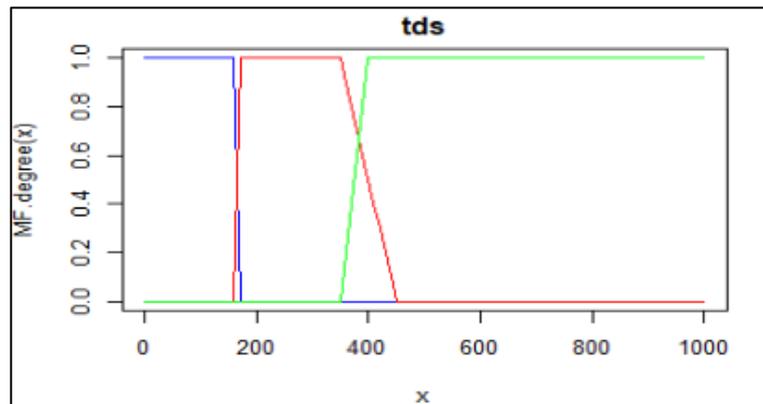
$$\mu_{\text{kurang}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 4 \text{ atau } x > 21 \\ \frac{(x-4)}{(5-4)} & ; 4 \leq x \leq 5 \\ 1 & ; 5 < x < 20 \\ \frac{(21-x)}{(21-20)} & ; 20 \leq x \leq 21 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{keruh}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 20 \\ \frac{(x-20)}{(21-20)} & ; 20 \leq x \leq 21 \\ 1 & ; x > 24 \end{cases} \quad (3.6)$$

3. Fungsi Keanggotaan TDS

Himpunan untuk variabel TDS ditetapkan menjadi 3 himpunan, yaitu: Rendah ($0 - 170\text{ppm}$); Sedang ($160 - 450\text{ppm}$); dan Tinggi ($350 - 1000\text{ppm}$).

Variabel TDS ditetapkan berdasarkan standarisasi kelayakan air yang sudah dibahas sebelumnya. Variabel TDS memiliki 3 himpunan yaitu rendah dengan domain $0 - 170$, sedang dengan domain $160 - 450$, tinggi dengan domain $350 - 1000$.



Gambar 3. 17 Fungsi Keanggotaan Variabel TDS

Sedangkan, fungsi keanggotaan yang direpresentasikan dengan kurva trapesium dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 & ; x < 160 \\ \frac{(170 - x)}{(170 - 160)} & ; 160 \leq x \leq 170 \\ 0 & ; x > 170 \end{cases} \quad (3.7)$$

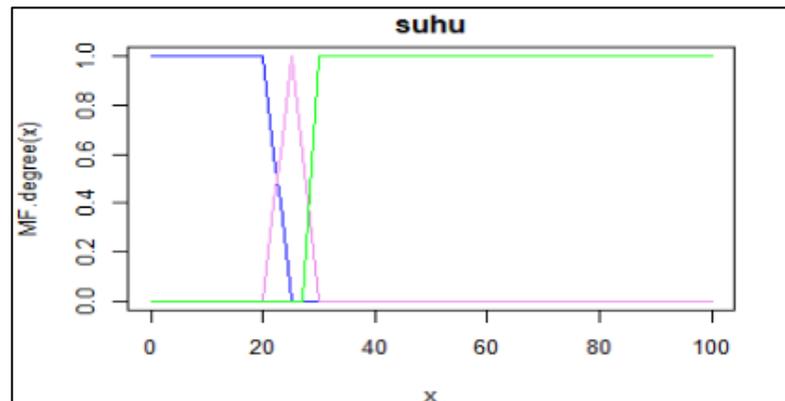
$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 160 \text{ atau } x > 450 \\ \frac{(x - 160)}{(170 - 160)} & ; 160 \leq x \leq 170 \\ 1 & ; 170 < x < 350 \\ \frac{(450 - x)}{(450 - 350)} & ; 350 \leq x \leq 450 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 350 \\ \frac{(x - 350)}{(450 - 350)} & ; 350 \leq x \leq 450 \\ 1 & ; x > 450 \end{cases} \quad (3.9)$$

4. Variabel Suhu

Himpunan untuk variabel suhu ditetapkan menjadi 3 himpunan, yaitu:

Dingin (0 – 25 °C); Normal (20 – 30 °C); dan Panas (27 – 100 °C).



Gambar 3. 18 Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu

Variabel Suhu ditetapkan dengan rentang (semesta pembicaraan) berdasarkan peraturan standarisasi kelayakan air yang sudah dibahas sebelumnya. Variabel Suhu memiliki 3 himpunan yaitu dingin dengan domain $0 - 25^{\circ}\text{C}$, normal dengan domain $20 - 30^{\circ}\text{C}$, panas dengan domain $27 - 100^{\circ}\text{C}$. Sedangkan, fungsi keanggotaan yang direpresentasikan dengan kurva gabungan trapesium dan segitiga dinyatakan dalam persamaan berikut.

$$\mu_{dingin}(x) = \begin{cases} 1 & ; x < 20 \\ \frac{(25 - x)}{(25 - 20)} & ; 20 \leq x \leq 25 \\ 0 & ; x > 25 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{normal}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 20 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{(x - 20)}{(25 - 20)} & ; 20 < x < 25 \\ \frac{(30 - x)}{(30 - 25)} & ; 25 < x < 30 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\mu_{panas}(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 27 \\ \frac{(x - 27)}{(30 - 27)} & ; 27 \leq x \leq 30 \\ 1 & ; x > 30 \end{cases} \quad (3.12)$$

5. Variabel Kelayakan Air



Gambar 3. 19 Variabel Output Fuzzy Sugeno

Variabel untuk *output* kelayakan air pada penelitian ini ditetapkan menjadi 3 himpunan yaitu, Layak dengan nilai 90, Kurang Layak dengan nilai 60 dan Tidak Layak dengan nilai 30. Pada fuzzy dengan metode sugeno, nilai linguistik dari variabel *output* ditetapkan dengan berupa sebuah nilai konstanta. Fungsi keanggotaan untuk keluaran (*output*) pada Fuzzy Sugeno menggunakan metode *singleton* sehingga kurva dalam diagram hanya digambarkan berupa sebuah batang untuk setiap nilai linguistik.

3.3.2 Fuzzy Rules

Langkah ini dilakukan untuk mengubah nilai *input fuzzy* menjadi nilai *output fuzzy*. Dalam tahap ini, dilakukan penarikan kesimpulan melalui aturan-aturan yang telah didefinisikan. Bentuk dasar ketentuan dalam *rule* fuzzy dinyatakan dengan *IF x is A THEN y is B*. Rule pada penelitian ini dibuat dengan mempertimbangkan nilai bobot setiap parameter.

Berdasarkan uraian-uraian di atas, maka kemungkinan *rule* yang dapat dibuat sebanyak 81 *rules* yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Rules Fuzzy Kelayakan Air

	<i>if</i>	PH	Kekeruhan	TDS	Suhu	<i>then</i>	Z
[R1]		Asam	Jernih	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R2]		Asam	Jernih	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R3]		Asam	Jernih	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R4]		Asam	Jernih	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R5]		Asam	Jernih	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R6]		Asam	Jernih	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R7]		Asam	Jernih	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R8]		Asam	Jernih	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R9]		Asam	Jernih	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R10]		Asam	Kurang	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R11]		Asam	Kurang	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R12]		Asam	Kurang	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R13]		Asam	Kurang	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R14]		Asam	Kurang	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R15]		Asam	Kurang	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R16]		Asam	Kurang	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R17]		Asam	Kurang	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R18]		Asam	Kurang	Tinggi	Panas		Tidak Layak

[R19]		Asam	Keruh	Rendah	Dingin		Tidak Layak
[R20]		Asam	Keruh	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R21]		Asam	Keruh	Rendah	Panas		Tidak Layak
[R22]		Asam	Keruh	Sedang	Dingin		Tidak Layak
[R23]		Asam	Keruh	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R24]		Asam	Keruh	Sedang	Panas		Tidak Layak
[R25]		Asam	Keruh	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R26]		Asam	Keruh	Tinggi	Normal		Tidak Layak
[R27]		Asam	Keruh	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R28]		Netral	Jernih	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R29]		Netral	Jernih	Rendah	Normal		Layak
[R30]		Netral	Jernih	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R31]		Netral	Jernih	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R32]		Netral	Jernih	Sedang	Normal		Layak
[R33]		Netral	Jernih	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R34]		Netral	Jernih	Tinggi	Dingin		Kurang Layak
[R35]		Netral	Jernih	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R36]		Netral	Jernih	Tinggi	Panas		Kurang Layak
[R37]		Netral	Kurang	Rendah	Dingin		Kurang Layak

[R38]		Netral	Kurang	Rendah	Normal		Layak
[R39]		Netral	Kurang	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R40]		Netral	Kurang	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R41]		Netral	Kurang	Sedang	Normal		Layak
[R42]		Netral	Kurang	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R43]		Netral	Kurang	Tinggi	Dingin		Kurang Layak
[R44]		Netral	Kurang	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R45]		Netral	Kurang	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R46]		Netral	Keruh	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R47]		Netral	Keruh	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R48]		Netral	Keruh	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R49]		Netral	Keruh	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R50]		Netral	Keruh	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R51]		Netral	Keruh	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R52]		Netral	Keruh	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R53]		Netral	Keruh	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R54]		Netral	Keruh	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R55]		Basa	Jernih	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R56]		Basa	Jernih	Rendah	Normal		Kurang Layak

[R57]		Basa	Jernih	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R58]		Basa	Jernih	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R59]		Basa	Jernih	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R60]		Basa	Jernih	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R61]		Basa	Jernih	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R62]		Basa	Jernih	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R63]		Basa	Jernih	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R64]		Basa	Kurang	Rendah	Dingin		Kurang Layak
[R65]		Basa	Kurang	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R66]		Basa	Kurang	Rendah	Panas		Kurang Layak
[R67]		Basa	Kurang	Sedang	Dingin		Kurang Layak
[R68]		Basa	Kurang	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R69]		Basa	Kurang	Sedang	Panas		Kurang Layak
[R70]		Basa	Kurang	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R71]		Basa	Kurang	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R72]		Basa	Kurang	Tinggi	Panas		Tidak Layak
[R73]		Basa	Keruh	Rendah	Dingin		Tidak Layak
[R74]		Basa	Keruh	Rendah	Normal		Kurang Layak
[R75]		Basa	Keruh	Rendah	Panas		Tidak Layak

[R76]		Basa	Keruh	Sedang	Dingin		Tidak Layak
[R77]		Basa	Keruh	Sedang	Normal		Kurang Layak
[R78]		Basa	Keruh	Sedang	Panas		Tidak Layak
[R79]		Basa	Keruh	Tinggi	Dingin		Tidak Layak
[R80]		Basa	Keruh	Tinggi	Normal		Kurang Layak
[R81]		Basa	Keruh	Tinggi	Panas		Tidak Layak

3.3.3 Fungsi Implikasi

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan implikasi dengan menggunakan fungsi *min* (operator AND) untuk mendapatkan nilai terkecil dari setiap *rules* yang telah dibuat. Rumus yang digunakan yaitu:

$$\alpha_i = \mu_{A \cap B} = \min(\mu_{A_i}(x), \mu_{B_i}(y)) \quad (3.13)$$

dengan,

α_i : nilai minimal derajat keanggotaan pada *rule* ke-*i*

$\mu_{A_i}(x)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy A pada rule ke-*i*

$\mu_{B_i}(y)$: derajat keanggotaan himpunan fuzzy B pada rule ke-*i*

3.3.4 Defuzzifikasi

Langkah terakhir dalam proses logika *fuzzy* adalah mengubah nilai *output* himpunan *fuzzy* ke dalam bentuk *crisp* (nilai tegas) yang disebut defuzzifikasi. Defuzzifikasi dilakukan dengan menggunakan metode *weighted average* (rata-rata terbobot). Hasil defuzzifikasi dari contoh *input* yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu:

$$z = \frac{\mu_{\bar{c}_i}(x_y) * (x_y) + \dots + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) * (x_y) + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) * (x_y) + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) * (x_y) + \dots}{\mu_{\bar{c}_i}(x_y) + \dots + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) + \mu_{\bar{c}_i}(x_y) + \dots}$$

3.3.5 Contoh Kasus

Implementasi logika Fuzzy Sugeno dalam penelitian ini disajikan melalui contoh kasus di bawah ini. Pada suatu kasus, sampel air menunjukkan data sebagai berikut:

- a. PH air sebesar 6.8;
- b. Kekkeruhan air sebesar 18 NTU; dan
- c. TDS air sebesar 165 ppm;
- d. Suhu air sebesar 28 °C.

Langkah pertama yaitu fuzzifikasi untuk contoh kasus tersebut di atas adalah sebagai berikut.

- a. Hitung derajat keanggotaan variabel PH

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{\text{asam}}(6.8) = 0$$

$$\mu_{\text{netral}}(6.8) = 1$$

$$\mu_{\text{basa}}(6.8) = 0$$

- b. Hitung derajat keanggotaan variabel kekeruhan

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{\text{jernih}}(18) = 0$$

$$\mu_{\text{kurang}}(18) = 1$$

$$\mu_{\text{keruh}}(18) = 0$$

c. Hitung derajat keanggotaan variabel TDS

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{rendah}(165) = \frac{(170-165)}{(170-160)} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$\mu_{sedang}(165) = \frac{(165-160)}{(170-160)} = \frac{5}{10} = 0,5$$

$$\mu_{tinggi}(165) = 0$$

d. Hitung derajat keanggotaan variabel Suhu

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_{dingin}(28) = 0$$

$$\mu_{normal}(28) = \frac{(30-28)}{(30-25)} = \frac{2}{5} = 0,4$$

$$\mu_{panas}(28) = \frac{(28-27)}{(30-27)} = \frac{1}{3} = 0,3$$

Selanjutnya yaitu inferensi yang merupakan aplikasi fungsi implikasi menggunakan fungsi MIN seperti pada Rumus 3.

Tabel 3. 3 Inferensi Contoh Kasus Menggunakan Fungsi MIN

[R]	min (μ_{PH} [6.8]; $\mu_{Kekeruhan}$ [18]; μ_{TDS} [278]; μ_{Suhu} [23];)				=
[R1]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R2]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R3]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R4]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R5]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R6]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R7]	0;	0;	0;	0;	0
[R8]	0;	0;	0;	0.4;	0
[R9]	0;	0;	0;	0.3;	0

[R10]	0;	1;	0.5;	0;	0
[R11]	0;	1;	0.5;	0.4;	0
[R12]	0;	1;	0.5;	0.3;	0
[R13]	0;	1;	0.5;	0;	0
[R14]	0;	1;	0.5;	0.4;	0
[R15]	0;	1;	0.5;	0.3;	0
[R16]	0;	1;	0;	0;	0
[R17]	0;	1;	0;	0.4;	0
[R18]	0;	1;	0;	0.3;	0
[R19]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R20]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R21]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R22]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R23]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R24]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R25]	0;	0;	0;	0;	0
[R26]	0;	0;	0;	0.4;	0
[R27]	0;	0;	0;	0.3;	0
[R28]	1;	0;	0.5;	0;	0
[R29]	1;	0;	0.5;	0.4;	0
[R30]	1;	0;	0.5;	0.3;	0
[R31]	1;	0;	0.5;	0;	0
[R32]	1;	0;	0.5;	0.4;	0
[R33]	1;	0;	0.5;	0.3;	0
[R34]	1;	0;	0;	0;	0
[R35]	1;	0;	0;	0.4;	0
[R36]	1;	0;	0;	0.3;	0

[R37]	1;	1;	0.5;	0;	0
[R38]	1;	1;	0.5;	0.4;	0.4
[R39]	1;	1;	0.5;	0.3;	0.3
[R40]	1;	1;	0.5;	0;	0
[R41]	1;	1;	0.5;	0.4;	0.4
[R42]	1;	1;	0.5;	0.3;	0.3
[R43]	1;	1;	0;	0;	0
[R44]	1;	1;	0;	0.4;	0
[R45]	1;	1;	0;	0.3;	0
[R46]	1;	0;	0.5;	0;	0
[R47]	1;	0;	0.5;	0.4;	0
[R48]	1;	0;	0.5;	0.3;	0
[R49]	1;	0;	0.5;	0;	0
[R50]	1;	0;	0.5;	0.4;	0
[R51]	1;	0;	0.5;	0.3;	0
[R52]	1;	0;	0;	0;	0
[R53]	1;	0;	0;	0.4;	0
[R54]	1;	0;	0;	0.3;	0
[R55]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R56]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R57]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R58]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R59]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R60]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R61]	0;	0;	0;	0;	0
[R62]	0;	0;	0;	0.4;	0
[R63]	0;	0;	0;	0.3;	0

[R64]	0;	1;	0.5;	0;	0
[R65]	0;	1;	0.5;	0.4;	0
[R66]	0;	1;	0.5;	0.3;	0
[R67]	0;	1;	0.5;	0;	0
[R68]	0;	1;	0.5;	0.4;	0
[R69]	0;	1;	0.5;	0.3;	0
[R70]	0;	1;	0;	0;	0
[R71]	0;	1;	0;	0.4;	0
[R72]	0;	1;	0;	0.3;	0
[R73]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R74]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R75]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R76]	0;	0;	0.5;	0;	0
[R77]	0;	0;	0.5;	0.4;	0
[R78]	0;	0;	0.5;	0.3;	0
[R79]	0;	0;	0;	0;	0
[R80]	0;	0;	0;	0.4;	0
[R81]	0;	0;	0;	0.3;	0

Setelah melakukan inferensi, maka nilai inferensi tersebut dapat digunakan untuk melakukan defuzzifikasi. Hasil defuzzifikasi dari contoh *input* yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu:

$$z = \frac{(0 * 60) + \dots + (0.4 * 90) + (0.3 * 60) + (0 * 60) + (0.4 * 90) + (0.3 * 60) + \dots}{0 + \dots + 0.4 + 0.3 + 0 + 0.4 + 0.3 + \dots}$$

$$= \frac{108}{1.4} = 77.1$$

Berdasarkan langkah-langkah implementasi Fuzzy Sugeno dan perhitungan-perhitungan pada contoh kasus di atas, maka kondisi air higiene sanitasi dengan *input* PH = 6.8, kekeruhan = 18, TDS = 165 dan suhu = 28 menunjukkan nilai defuzzifikasi sebesar 77.1 yang berarti air tersebut berstatus Kurang Layak.

BAB IV

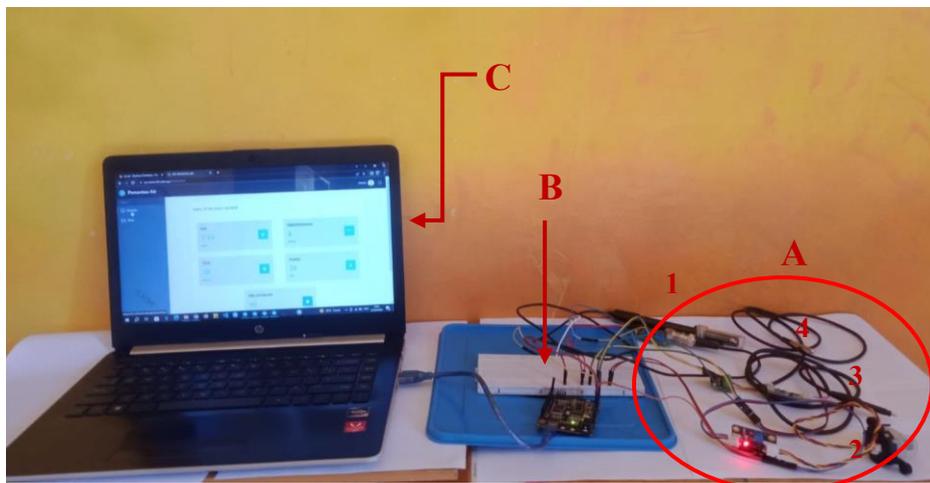
HASIL DAN PENGUJIAN

4.1 Implementasi Sistem

Setelah uraian dan rancangan yang telah dibuat pada bab sebelumnya, sistem yang dibuat dapat dijelaskan sebagaimana berikut.

4.1.1 Implementasi *Hardware*

Beberapa *hardware* yang digunakan dalam merancang alat dalam penelitian ini antara lain Sensor PH, Sensor Kekeruhan, Sensor TDS, Sensor Suhu dan Arduino Uno+WiFi R3 RobotDyn. Sedangkan beberapa komponen penunjang antara lain yaitu laptop, kabel USB, kabel *jumper* dan lain sebagainya.



Gambar 4. 1 *Hardware* Pada Sistem yang Dibuat

Pada gambar yang diberi tanda lingkaran A, menunjukkan rangkaian *input* yang terdiri dari Sensor PH (nomor 1), Sensor Kekeruhan (nomor 2), Sensor TDS (nomor 3) dan Sensor Suhu (nomor 4) yang dihubungkan menuju Arduino. Gambar yang ditunjuk panah dengan tanda B merupakan Arduino Uno+Wifi R3 RobotDyn

yang mengolah data-data yang dibaca oleh sensor serta mengirimkannya ke *database*. Sedangkan, panah dengan tanda C menunjukkan perangkat laptop yang digunakan untuk mengkode dan melihat *output* dari seluruh rangkaian yang telah dibuat.

4.1.2 Implementasi Fuzzy

a. Source Code Fuzzifikasi

Proses fuzzifikasi pada arduino dilakukan dengan menggunakan *source code* sebagai berikut.

```
//fuzzifikasi ph
if (ph < 6){
  uasam = 1;
  unetral= 0;
  ubasa = 0;
} else if(ph > 6.5 && ph < 8.5){
  uasam = 0;
  unetral= 1;
  ubasa = 0;
} else if(ph > 9){
  uasam =0;
  unetral=0;
  ubasa =1;
} else if(ph >= 6 && ph <= 6.5){
  uasam =(6.5 - ph)/(6.5 - 6);
  unetral=(ph - 6)/(6.5 - 6);
} else if(ph >= 8.5 && ph <= 9){
  unetral=(9 - ph)/(9 - 8.5);
  ubasa =(ph - 8.5)/(9 - 8.5);
}
```

Gambar 4. 2 Source Code Fuzzifikasi PH

```
//fuzzifikasi kekeruhan
if (kekeruhan < 4){
  ujernih = 1;
  ukurang = 0;
  ukeruh = 0;
```

```

} else if(kekeruhan > 5 && kekeruhan < 20){
ujernih = 0;
ukurang = 1;
ukeruh = 0;
} else if(kekeruhan > 24){
ujernih = 0;
ukurang = 0;
ukeruh = 1;
} else if(kekeruhan >= 4 && kekeruhan <= 5){
ujernih = (5 - kekeruhan)/(5 - 4);
ukurang = (kekeruhan - 4)/(5 - 4);
} else if(kekeruhan >= 20 && kekeruhan <= 21){
ujernih = (21 - kekeruhan)/(21 - 20);
ukurang = (kekeruhan - 20)/(21 - 20);
}

```

Gambar 4. 3 Source Code Fuzzifikasi Kekeruhan

```

//fuzzifikasi tds
if (tds < 160){
urendah = 1;
usedang = 0;
utinggi = 0;
} else if(tds > 170 && tds < 350){
urendah = 0;
usedang = 1;
utinggi = 0;
} else if(tds > 450){
urendah = 0;
usedang = 0;
utinggi = 1;
} else if(tds >= 160 && tds <= 170){
urendah = (170 - tds)/(170 - 160);
usedang = (tds - 160)/(170 - 160);
} else if(tds >= 350 && tds <= 450){
usedang = (450 - tds)/(450 - 350);
utinggi = (tds - 350)/(450 - 350);
}

```

Gambar 4. 4 Source Code Fuzzifikasi TDS

```

//fuzzifikasi suhu
if (suhu < 20){
udingin = 1;
unormal = 0;
upanas = 0;
}

```

```

} else if(suhu >= 20 && suhu <= 25 ){
    udingin = (25 - suhu)/(25 - 20);
    unormal = (suhu - 20)/(25 - 20);
} else if(suhu > 25 && suhu <= 30){
    unormal = (30 - suhu)/(30 - 25);
} else if(suhu > 30){
    udingin = 0;
    unormal = 0;
    upanas = 1;
} else if(suhu >=27 && suhu <= 30){
    upanas = (suhu - 27)/(30 - 27);
}

```

Gambar 4. 5 Source Code Fuzzifikasi Suhu

Melalui *conditional statement IF-ELSE* tersebut, maka akan diketahui nilai keanggotaan pada setiap variabel. Nilai PH diinisialisasikan sebagai ph dengan uasam sebagai inisialisasi keanggotaan asam, unetral sebagai inisialisasi keanggotaan netral, dan ubasa sebagai keanggotaan basa. Nilai kekeruhan diinisialisasikan sebagai kekeruhan dengan ujernih sebagai inisialisasi keanggotaan jernih, ukurang sebagai inisialisasi keanggotaan kurang, dan ukeruh sebagai keanggotaan keruh. Nilai TDS diinisialisasikan sebagai tds dengan urendah sebagai inisialisasi keanggotaan rendah, usedang sebagai inisialisasi keanggotaan sedang, dan utinggi sebagai keanggotaan tinggi. Nilai suhu diinisialisasikan sebagai suhu dengan udingin sebagai inisialisasi keanggotaan dingin, unormal sebagai inisialisasi keanggotaan normal, dan upanas sebagai keanggotaan panas.

b. *Source Code* Fungsi Implikasi

Proses implikasi menggunakan fungsi MIN dilakukan dengan source code sebagai berikut. Pada proses aplikasi fungsi implikasi rules yang telah

dibuat diisialisasikan menggunakan array dengan jumlah elemen sebanyak 81 buah.

```
//Inferensi
minr[0] = Min(uasam, ujernih, urendah, udingin);
rule[0] = kl;
minr[1] = Min(uasam, ujernih, urendah, unormal);
rule[1] = kl;
minr[2] = Min(uasam, ujernih, urendah, upanas);
rule[2] = kl;

minr[3] = Min(uasam, ujernih, usedang, udingin);
rule[3] = kl;
minr[4] = Min(uasam, ujernih, usedang, unormal);
rule[4] = kl;
minr[5] = Min(uasam, ujernih, usedang, upanas);
rule[5] = kl;
minr[6] = Min(uasam, ujernih, utinggi, udingin);
rule[6] = tl;
minr[7] = Min(uasam, ujernih, utinggi, unormal);
rule[7] = kl;
minr[8] = Min(uasam, ujernih, utinggi, upanas);
rule[8] = tl;
minr[9] = Min(uasam, ukurang, urendah, udingin);
rule[9] = kl;
minr[10] = Min(uasam, ukurang, urendah, unormal);
rule[10] = kl;
minr[11] = Min(uasam, ukurang, urendah, upanas);
rule[11] = kl;
minr[12] = Min(uasam, ukurang, usedang, udingin);
rule[12] = kl;

minr[13] = Min(uasam, ukurang, usedang, unormal);
rule[13] = kl;
minr[14] = Min(uasam, ukurang, usedang, upanas);
rule[14] = kl;
minr[15] = Min(uasam, ukurang, utinggi, udingin);
rule[15] = tl;
minr[16] = Min(uasam, ukurang, utinggi, unormal);
rule[16] = kl;
minr[17] = Min(uasam, ukurang, utinggi, upanas);
rule[17] = tl;
minr[18] = Min(uasam, ukeruh, urendah, udingin);
rule[18] = tl;
minr[19] = Min(uasam, ukeruh, urendah, unormal);
rule[19] = kl;
minr[20] = Min(uasam, ukeruh, urendah, upanas);
rule[20] = tl;
```

```

minr[21] = Min(uasam, ukeruh, usedang, udingin);
rule[21] = t1;
minr[22] = Min(uasam, ukeruh, usedang, unormal);
rule[22] = k1;
minr[23] = Min(uasam, ukeruh, usedang, upanas);
rule[23] = t1;
minr[24] = Min(uasam, ukeruh, utinggi, udingin);
rule[24] = t1;
minr[25] = Min(uasam, ukeruh, utinggi, unormal);
rule[25] = t1;
minr[26] = Min(uasam, ukeruh, utinggi, upanas);
rule[26] = t1;

```

```

minr[27] = Min(unetral, ujernih, urendah, udingin);
rule[27] = k1;
minr[28] = Min(unetral, ujernih, urendah, unormal);
rule[28] = l;
minr[29] = Min(unetral, ujernih, urendah, upanas);
rule[29] = k1;
minr[30] = Min(unetral, ujernih, usedang, udingin);
rule[30] = k1;

```

===== inferensi =====

```

minr[65] = Min(ubasa, ukurang, urendah, upanas);
rule[65] = k1;
minr[66] = Min(ubasa, ukurang, usedang, udingin);
rule[66] = k1;
minr[67] = Min(ubasa, ukurang, usedang, unormal);
rule[67] = k1;
minr[68] = Min(ubasa, ukurang, usedang, upanas);
rule[68] = k1;
minr[69] = Min(ubasa, ukurang, utinggi, udingin);
rule[69] = t1;
minr[70] = Min(ubasa, ukurang, utinggi, unormal);
rule[70] = k1;
minr[71] = Min(ubasa, ukurang, utinggi, upanas);
rule[71] = t1;
minr[72] = Min(ubasa, ukeruh, urendah, udingin);
rule[72] = t1;
minr[73] = Min(ubasa, ukeruh, urendah, unormal);
rule[73] = k1;
minr[74] = Min(ubasa, ukeruh, urendah, upanas);
rule[74] = t1;
minr[75] = Min(ubasa, ukeruh, usedang, udingin);
rule[75] = t1;
minr[76] = Min(ubasa, ukeruh, usedang, unormal);
rule[76] = k1;
minr[77] = Min(ubasa, ukeruh, usedang, upanas);
rule[77] = t1;

```

```

minr[78] = Min(ubasa, ukeruh, utinggi, udingin);
rule[78] = t1;
minr[79] = Min(ubasa, ukeruh, utinggi, unormal);
rule[79] = k1;
minr[80] = Min(ubasa, ukeruh, utinggi, upanas);
rule[80] = t1;

```

Gambar 4. 6 Source Code Fungsi Implikasi

Nilai keanggotaan yang telah didapat pada proses fuzzifikasi, kemudian dicari nilai MIN dengan menggunakan fungsi sebagai berikut.

```

//fungsi min
float Min(float ph, float kekeruhan, float tds, float suhu) {
    float minsa = min(ph, kekeruhan);
    float mindu = min(tds, suhu);
    float minimal = min(minsa, mindu);
    return minimal;
}

```

Gambar 4. 7 Source Code Untuk Mencari Fungsi MIN

c. Source Code Defuzzifikasi

Setelah nilai MIN didapatkan pada proses fungsi implikasi sebelumnya, maka langkah defuzzifikasi dapat dilakukan. Defuzzifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *weighted average* atau rata-rata terbobot (Persamaan 2.7). Berikut *source code* defuzzifikasi menggunakan *weighted average*.

```

float defuzzifikasi(){
    hitungFuzzy();
    jmlAZ = 0;
    jmlA = 0;
    for (int i = 0; i < 81; i++){
        jmlAZ += rule[i] * minr[i];
        jmlA += minr[i];
    }
    float hasil = jmlAZ/jmlA;
    return hasil;
}

```

Gambar 4. 8 Source Code Defuzzifikasi Weighted Average

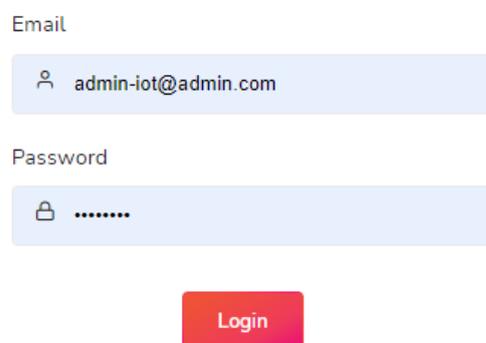
4.1.3 Website Pemantau Kelayakan Air

Data-data kelayakan air yang telah diolah di dalam Arduino, selanjutnya akan ditampilkan melalui sebuah *website* yang telah dibuat. Website tersebut dapat diakses melalui alamat *https://iot-airbersih.web.app/*. Pertama, pengguna akan diarahkan menuju halaman *Login* (Gambar 4.9) untuk dapat masuk ke halaman Beranda *website*.



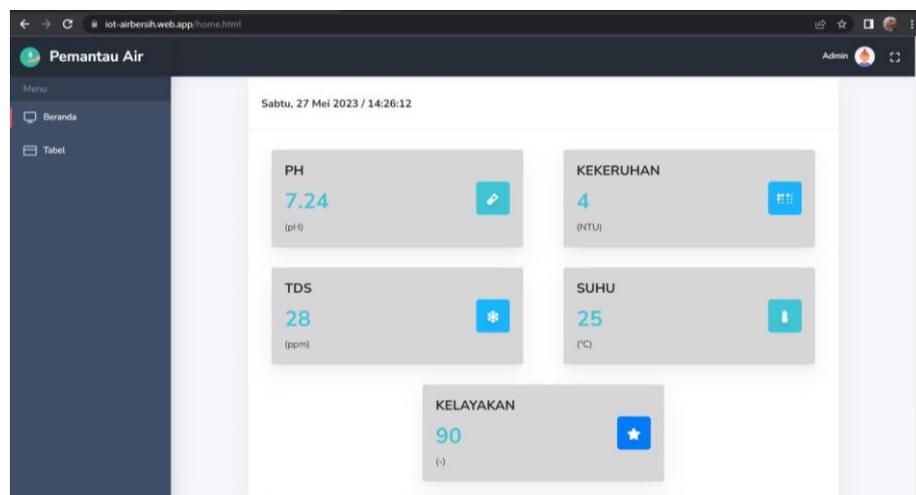
Gambar 4. 9 Halaman Login Website IOT Pemantau Air

Pengguna diharuskan untuk mengisi *form login* dengan memasukkan *email* dan *password* yang telah terdaftar



Gambar 4. 10 Form Login Website IOT Pemantau Air

Kemudian, tampilan Beranda *website* dapat dilihat melalui Gambar 4.11 di bawah ini. Tampilan utama pada *website* tersebut berupa halaman Beranda yang berisi informasi berupa nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS, nilai suhu serta nilai kelayakan air yang sedang dipantau kelayakannya. Data tersebut akan otomatis berubah ketika terjadi perubahan pada pembacaan nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS, nilai suhu serta hasil nilai kelayakan.



Gambar 4. 11 Tampilan Beranda Website IOT Pemantau Air

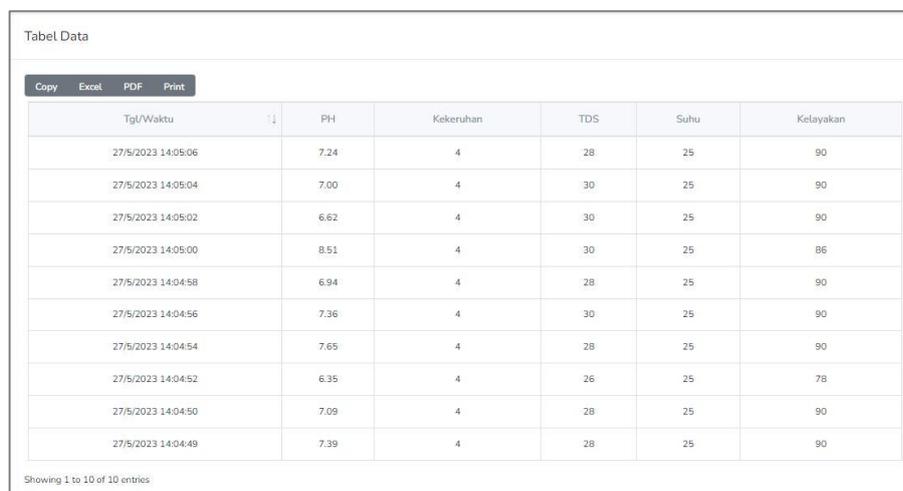
Nilai-nilai yang ditampilkan merupakan nilai *realtime* yang akan selalu otomatis diperbaharui setiap pembacaan nilai baru yang masuk ke dalam sistem.

The screenshot shows the 'Pemantau Air' website table page. The page displays a table titled 'Tabel Data' with columns for 'Tgl/Waktu', 'PH', 'Kekeruhan', 'TDS', 'Suhu', and 'Kelayakan'. The table contains 10 rows of data, showing the values of the parameters over time. The table also has buttons for 'Copy', 'Excel', 'PDF', and 'Print'.

Tgl/Waktu	PH	Kekeruhan	TDS	Suhu	Kelayakan
27/5/2023 14:05:06	7.24	4	28	25	90
27/5/2023 14:05:04	7.00	4	30	25	90
27/5/2023 14:05:02	6.62	4	30	25	90
27/5/2023 14:05:00	8.51	4	30	25	86
27/5/2023 14:04:58	6.94	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:56	7.36	4	30	25	90
27/5/2023 14:04:54	7.65	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:52	6.35	4	26	25	78
27/5/2023 14:04:50	7.09	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:49	7.39	4	28	25	90

Gambar 4. 12 Tampilan Halaman Tabel Website IOT Pemantau Air

Nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS, nilai suhu dan nilai kelayakan akan disimpan ke dalam sebuah tabel dilengkapi dengan tanggal dan waktu pembacaan yang dapat dilihat pada Gambar 4.12. Tampilan pada halaman Tabel menunjukkan histori pembacaan nilai-nilai sensor yang disajikan dalam bentuk tabel. Hasil pada Tabel tersebut diurutkan dari pembacaan paling baru. Tabel tersebut juga dilengkapi dengan fitur *copy* dan fitur untuk mengunduh *file* dalam beberapa format unduhan.



Tgl/Waktu	PH	Kekeruhan	TDS	Suhu	Kelayakan
27/5/2023 14:05:06	7.24	4	28	25	90
27/5/2023 14:05:04	7.00	4	30	25	90
27/5/2023 14:05:02	6.62	4	30	25	90
27/5/2023 14:05:00	8.51	4	30	25	86
27/5/2023 14:04:58	6.94	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:56	7.36	4	30	25	90
27/5/2023 14:04:54	7.65	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:52	6.35	4	26	25	78
27/5/2023 14:04:50	7.09	4	28	25	90
27/5/2023 14:04:49	7.39	4	28	25	90

Gambar 4. 13 Tabel Data Pantauan Air

4.2 Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian terhadap tingkat akurasi sensor bertujuan untuk melihat seberapa besar ketepatan pengukuran sensor terhadap nilai sebenarnya. Tingkat akurasi dapat dinyatakan melalui ukuran perbandingan tertentu atau perhitungan persentase *error* pada nilai respon setiap sensor dan pembandingnya. Rumus yang digunakan untuk mengetahui presentase rata-rata kesalahan pada pengujian akurasi sensor ini sebagai berikut.

$$MAPE = \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{\hat{y}_i} \right| \times 100\%$$

4.2.1 Pengujian Sensor PH

Pengujian akurasi sensor PH dilakukan dengan membandingkan hasil respon sensor dengan Kertas Indikator PH Universal. Sebelum sensor digunakan, sensor perlu dikalibrasi dengan cara membaca nilai tegangan pada larutan yang telah diketahui nilai PH-nya. Larutan tersebut yaitu larutan *PH buffer powder* 4.01 mewakili larutan asam dan *PH buffer powder* 6.86 mewakili larutan netral. Kedua larutan tersebut cukup mewakili nilai PH untuk kalibrasi sensor.



Gambar 4. 14 Larutan Buffer 4.01 dan Larutan Buffer 6.86

Tegangan yang didapatkan kemudian digunakan untuk menghitung nilai kalibrasi sensor PH menggunakan rumus:

$$\text{Nilai Kalibrasi} = \frac{V_A - V_B}{B - A}$$

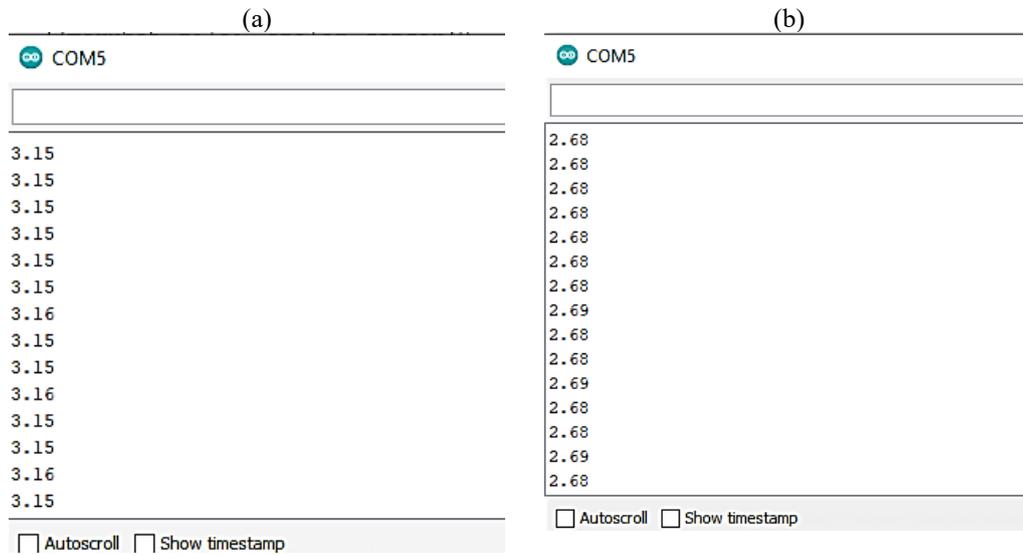
Keterangan: A = sampel A (*buffer powder* 4.01)

B = sampel B (*buffer powder* 6.86)

V_A = tegangan sampel A (*buffer powder* 4.01)

V_B = tegangan sampel B (*buffer powder* 6.86)

Hasil yang didapatkan dari pembacaan nilai tegangan pada larutan *PH buffer* 4.01 menunjukkan nilai sebesar 3.15 Volt. Sedangkan pembacaan nilai tegangan pada larutan PH buffer 6.86 menunjukkan nilai sebesar 2.68 Volt.



Gambar 4. 15 Tegangan Buffer Powder 4.01 (a) dan Tegangan Buffer Powder 6.86 (b)

Berdasarkan hasil baca tersebut, maka perhitungan besaran nilai kalibrasinya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kalibrasi} &= \frac{(3.15 - 2.68)}{(6.86 - 4.01)} \\ &= \frac{0.47}{2.85} = 0.165 \end{aligned}$$

Nilai kalibrasi berfungsi sebagai penyelaras sehingga nilai pembacaan sensor lebih mendekati ketepatan. Besaran nilai PH dapat ditentukan dengan perhitungan di bawah ini.

```
float ph (float voltage) {
    return 6.86 + ((2.68 - voltage) / 0.165);
}
```

Gambar 4. 16 Perhitungan Nilai PH

Setelah kalibrasi dilakukan, pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan respon sensor PH dengan kertas indikator PH universal.



Gambar 4. 17 Pengujian PH menggunakan Kertas Indikator PH

Beberapa macam larutan digunakan agar mendapat variasi pembacaan nilai sensor, antara lain air cuka, air sabun, dan air minum. Hasil uji coba ditunjukkan melalui tabel di bawah ini.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sensor PH

Sampel ke-	Kertas PH	Sensor PH	%Error
1	3	3,04	1.3%
2	4	4,16	4%
3	6	7,14	19%
4	8	8,16	2%
5	10	10,77	7.7%
MAPE			6.80%

Berdasarkan pengujian tersebut sensor PH yang digunakan bekerja dengan cukup baik. Nilai rata-rata presentase kesalahan pembacaan sensor PH sebesar 6.8%.

4.2.2 Pengujian Sensor Kekeruhan

Pengujian akurasi sensor kekeruhan dilakukan dengan melihat hasil respon sensor kekeruhan terhadap beberapa macam larutan. Sebelum sensor digunakan, sensor kekeruhan perlu dipastikan apakah dapat membaca sebuah nilai dengan baik. Sampel cairan yang digunakan untuk mengecek kerja sensor kekeruhan yaitu air minum dengan syarat kekeruhan kurang dari 4 NTU.

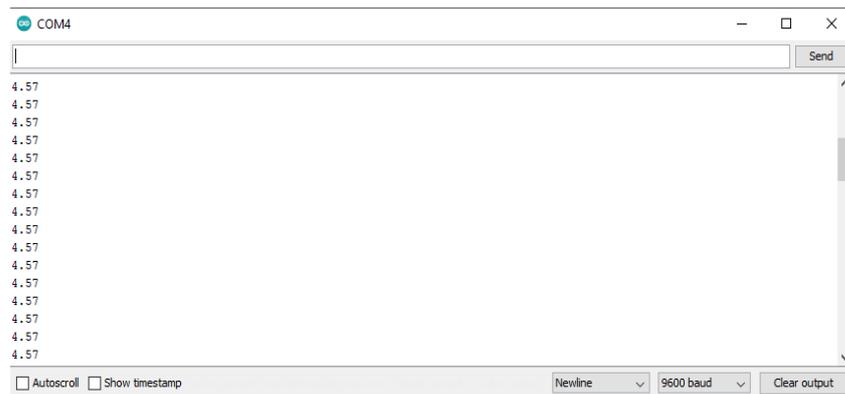


Gambar 4. 18 Sampel Air Minum

Nilai tegangan saat sensor dicelupkan ke dalam air minum dapat dilihat sebagai keadaan dimana air bernilai jernih. Pertama, sensor kekeruhan dihubungkan dengan arduino kemudian di-*upload* sebuah kode program untuk melihat nilai tegangan output yang dihasilkan. Nilai tegangan output yang dibaca oleh sensor kekeruhan memiliki keterkaitan dengan nilai kekeruhan (NTU).

Sensor kekeruhan yang digunakan dalam penelitian ini menunjukkan hasil pembacaan tegangan pada larutan sampel air minum sebesar 4.57 Volt. Semakin

besar tegangan *output* yang terbaca, maka semakin kecil kekeruhan atau semakin jernih air yang diperiksa. Sedangkan nilai kekeruhan air minum yaitu sebesar 0.20 – 0.30 NTU.



Gambar 4. 19 Nilai Tegangan Output Sensor Kekeruhan



Gambar 4. 20 Nilai NTU Air Minum

Selanjutnya dilakukan pengujian dengan membandingkan respon sensor terhadap beberapa macam larutan dengan tingkat kekeruhan yang berbeda. Larutan tersebut antara lain air kran, air minum, air sabun, air teh dan air kopi. Hasil uji coba ditunjukkan melalui tabel di bawah ini.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sensor Kekeruhan

Sampel ke-	Nama Sampel	Sensor Kekeruhan	Keterangan
1	Air Kran	0,53 NTU	Jernih

2	Air Minum	0,43 NTU	Jernih
3	Air The	8 NTU	Kurang
4	Air Kopi	12 NTU	Kurang
5	Air Sabun	24 NTU	Keruh

Hasil pengujian terhadap air minum tidak melebihi batas maksimal kekeruhan yang dianjurkan untuk air minum yaitu 5 NTU. Berdasar hasil pengujian tersebut, sensor kekeruhan yang dipakai dalam penelitian ini dapat dinyatakan bekerja dengan baik.

4.2.3 Pengujian Sensor TDS

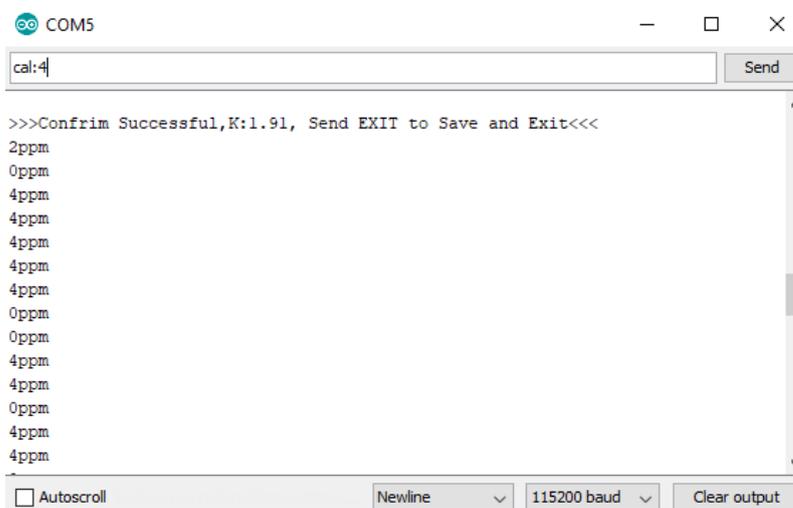
Pengujian akurasi sensor TDS dilakukan dengan membandingkan hasil respon sensor dengan hasil pembacaan TDS meter terhadap beberapa macam larutan. Larutan yang diuji coba memiliki tingkat TDS yang berbeda-beda yang diketahui melalui pemeriksaan dengan TDS meter.



Gambar 4. 21 Nilai TDS Pada Air Murni

Sebelum sensor digunakan, sensor perlu dikalibrasi dengan cara mendaftarkan nilai TDS sebuah larutan yang telah diketahui. Larutan air murni dicek menggunakan TDS meter dan menunjukkan nilai sebesar 4 ppm.

Kemudian, sensor diletakkan ke dalam larutan yang sama dan nilai kalibrasi yang didapat sebelumnya dikonfigurasi ke dalam sensor melalui perintah seperti di bawah ini.



Gambar 4. 22 Kalibrasi Sensor TDS

Setelah dilakukan kalibrasi, perbandingan dilakukan dengan menguji sensor TDS dan TDS meter ke dalam beberapa macam larutan. Larutan tersebut yaitu air minum yang mempresentasikan nilai TDS rendah dan air yang diberi garam untuk mempresentasikan nilai TDS sedang dan tinggi. Hasil uji coba dapat dilihat melalui tabel di bawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor TDS

Sampel ke-	TDS Meter	Sensor TDS	%Error
1	118 ppm	108 ppm	8.47%
2	165 ppm	157 ppm	4.85%

3	188 ppm	185 ppm	1.56%
4	314 ppm	322 ppm	2.55%
5	527 ppm	547 ppm	3.80%
MAPE			4.25%

Berdasarkan pengujian tersebut di atas sensor TDS yang digunakan bekerja dengan cukup baik. Nilai rata-rata presentase kesalahan pembacaan sensor TDS sebesar 4.25%.

4.2.4 Pengujian Sensor Suhu

Pengujian akurasi sensor suhu dilakukan dengan membandingkan hasil respon sensor dengan hasil pembacaan termometer digital terhadap beberapa macam larutan. Larutan yang diuji coba memiliki tingkat suhu berbeda-beda yaitu dingin, normal dan panas.



Gambar 4. 23 Larutan Sampel Pengujian Suhu

Larutan air dingin dan air panas masing-masing dilakukan uji coba 2 kali untuk mendapatkan nilai sangat dingin, dingin saja, hangat dan panas. Hasil uji coba dapat dilihat melalui tabel di bawah ini.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Suhu

Sampel ke-	Termometer	Sensor Suhu	%Error
1	1	9	11,1%
2	2	13	7.69%
3	3	27	7.40%
4	4	36	2.78%
5	5	44	2.27%
MAPE			6.25%

Berdasarkan pengujian tersebut di atas sensor suhu yang digunakan bekerja dengan cukup baik. Nilai rata-rata presentase kesalahan pembacaan sensor suhu sebesar 6.25% .

4.3 Pengujian Fuzzy

Logika fuzzy yang diterapkan dalam penelitian ini diuji-coba dengan membandingkan nilai kelayakan air pada sistem dan nilai kelayakan yang didapat dari simulasi R *programming* pada RStudio. Pengujian dilakukan dengan menggunakan fungsi `frbs.gen()` yang menghasilkan FRBS model dari input yang diberikan oleh user tanpa proses pembelajaran. Pengujian menggunakan data yang diambil dari pembacaan setiap sensor yang dicelupkan pada cairan yang berbeda-beda untuk mendapat variasi data. Langkah-langkah yang dilakukan untuk melakukan uji coba dijelaskan sebagai berikut.

Pertama, menentukan bentuk, rentang nilai dan parameter fungsi keanggotaan dari variabel *input* yang diimplementasikan dalam sebuah matriks.

Data pengujian air berupa nilai PH, nilai kekeruhan, nilai TDS dan nilai suhu yang diperoleh sebelumnya kemudian didefinisikan dalam sebuah matriks.

```

```{r}
Provide new data for testing.
newdata <- matrix(c(2.62, 0, 887, 13, 5.20, 0, 870, 25, 2.62, 20, 60, 56, 2.62,
20, 271, 61, 2.59, 15, 42, 18, 2.62, 15, 42, 25, 2.57, 1, 16, 20, 7.27, 16, 46,
20, 7.39, 16, 42, 25, 6.62, 17, 278, 55, 7.42, 17, 1086, 17, 7.60, 22, 42, 18,
6.95, 2, 34, 55, 6.59, 17, 278, 25, 7.33, 22, 759, 13, 10.29, 1, 54, 31, 10.67,
12, 26, 17, 10.71, 22, 816, 25, 10.26, 1, 276, 60, 10.58, 11, 816, 17), nrow =
20, byrow = TRUE)

```

Gambar 4. 27 Data Testing Pengujian Fuzzy dengan R Programming

Selanjutnya, mendefinisikan model fuzzy dan model implikasi yang digunakan. Kemudian *men-generate* fuzzy model tersebut menggunakan `frbs.gen`.

```

```{r}
library(frbs)

type.model <- "TSK"
## We are using standard t-norm and s-norm.
type.tnorm <- "MIN"
type.snorm <- "MAX"
type.implication.func <- "MIN"
## Give the name of simulation.
name <- "sim-0"

object <- frbs.gen(range.data, num.fvalinput, names.varinput, num.fvaloutput =
NULL, varout.mf = NULL, names.varoutput = NULL, rule, varinp.mf, type.model,
type.defuz = NULL, type.tnorm, type.snorm, func.tsk, colnames.var,
type.implication.func, name)

```

Gambar 4. 28 Generate Fuzzy Sugeno Pada R Programming

Setelah langkah tersebut diatas, maka akan didapatkan nilai prediksi sebagai hasil akhir dengan menjalankan fungsi `predict()`. Fungsi tersebut akan mendapatkan nilai prediksi berdasarkan data testing yang telah dimasukkan. Hasil percobaan logika fuzzy menggunakan *R programming* dapat dilihat pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4. 5 Perbandingan Hasil Fuzzy Sugeno Sistem dengan Simulasi R

No.	PH	Kekeruhan	TDS	Suhu	Kelayakan	Simulasi R	%Error
1	2,62	0,55	887,8	12,5	30	30	0%
2	5,2	0,01	870,28	25,44	60	60	0%

3	2,62	20,04	60,43	56	30	58,8	96%
4	2,62	20,1	271,57	61	57	57	0%
5	2,59	15,63	42,68	18,07	60	60	0%
6	2,62	15,63	42,68	25,56	60	60	0%
7	2,57	1,09	16,55	20,12	60	60	0%
8	7,27	16,78	46,63	20,69	64,12	64,1	0%
9	7,39	16,88	42,68	25,5	90	90	0%
10	6,62	17,21	278,39	55,69	60	60	0%
11	7,42	17,75	1086,13	17,69	60	60	0%
12	7,6	22,09	42,68	18,37	60	60	0%
13	6,95	2,78	34,77	55	60	60	0%
14	6,59	17,32	278,39	25,81	89,61	90	0%
15	7,33	22,42	759,44	13,13	30	30	0%
16	10,29	1,83	54,45	31,62	60	60	0%
17	10,67	12,04	26,71	17,44	60	60	0%
18	10,71	22,57	816,38	25	60	60	0%
19	10,26	1,49	276,68	60	60	60	0%
20	10,58	11,88	816,38	17,06	30	30	0%
MAPE							5%

Berdasarkan hasil prediksi yang didapatkan melalui uji coba menggunakan *R Programming* tersebut, rata-rata presentase kesalahan pada Fuzzy Sugeno yang digunakan sebesar 5%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa logika fuzzy yang digunakan dalam sistem ini bekerja dengan baik untuk menilai kelayakan air higiene sanitasi.

4.4 Pengujian Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem monitoring yang dibuat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan pada air higiene sanitasi atau air yang digunakan sehari-hari di lingkungan pondok pesantren. Air diambil dari kamar mandi (bak penampungan maupun kran) yang ada di Pondok Pesantren Ma'had Hufadz Bilingual Darul Hikmah yang terletak di Kota Malang. Air tersebut merupakan air yang digunakan untuk mandi, mencuci, bersuci, bahan baku memasak, dan lain sebagainya.

Sampel air diambil beberapa kali saat pagi, siang, sore dan malam pada masing-masing kamar mandi 1 dan kamar mandi 2 di pondok pesantren tersebut. Nilai baca sensor dan nilai kelayakan dipantau melalui web <https://iot-airbersih.web.app/>. Hasil pengujian sistem monitoring tersebut dapat dilihat melalui Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Alat Pada Air Higiene Sanitasi

Asal Air	Waktu	Nilai Baca Sensor				Nilai Kelayakan	Status
		PH	Kekeruhan (NTU)	TDS (ppm)	Suhu (C)		
Bak Air (1)	15:47	7,80	0	239	26	90	Layak
	15:52	7,80	0	241	26	90	Layak

	15:54	7,54	0	239	26	90	Layak
	15:56	7,83	0	239	26	90	Layak
	15:58	7,83	0	239	26	90	Layak
Bak Air (1)	20:56	7,71	0	242	25	90	Layak
	20:58	7,71	0	242	25	90	Layak
	21:00	7,71	0	244	25	90	Layak
	21:02	7,74	0	242	25	90	Layak
	21:04	7,74	0	244	25	90	Layak
Bak Air (1)	05:01	6,32	0	230	23	73	Kurang Layak
	05:03	6,26	0	234	23	71	Kurang Layak
	05:05	6,38	0	269	23	76	Kurang Layak
	05:06	7,39	0	271	23	83	Layak
	05:07	7,68	0	271	23	83	Layak
Kran Air (1)	05:21	6,62	0	247	24	87	Layak
	05:23	6,50	0	247	24	86	Layak
	05:26	6,35	0	259	24	77	Kurang Layak
	05:30	7,18	0	269	24	86	Layak
	05:33	8,28	2	276	24	85	Layak
	05:40	7,92	0	252	24	84	Layak

Bak Air (2)	05:41	8,28	0	252	24	84	Layak
	05:42	8,31	0	252	24	84	Layak
	05:43	8,34	0	251	24	84	Layak
	05:45	8,01	0	252	24	84	Layak
Kran Air (2)	05:56	6,41	0	269	24	79	Kurang Layak
	05:58	6,38	1	273	24	77	Kurang Layak
	06:00	6,35	1	276	24	75	Kurang Layak
	06:02	6,41	1	276	24	78	Kurang Layak
	06:03	7,89	1	276	24	85	Layak
Bak Air (1)	13:02	7,89	0	259	25	90	Layak
	13:03	7,92	0	259	25	90	Layak
	13:04	7,89	0	261	25	90	Layak
	13:05	8,01	0	263	25	90	Layak
	13:06	7,98	0	263	25	90	Layak
Kran Air (1)	13:10	7,36	0	234	25	90	Layak
	13:12	6,53	0	235	25	90	Layak
	13:14	6,62	0	235	25	90	Layak
	13:16	6,62	0	239	25	90	Layak
	13:18	6,59	0	239	25	90	Layak

Bak Air (2)	14:10	5,73	0	264	26	60	Kurang Layak
	14:12	5,79	0	266	26	60	Kurang Layak
	14:13	6,00	1	261	26	60	Kurang Layak
	14:14	5,97	2	261	26	60	Kurang Layak
	14:15	6,12	0	266	26	66	Kurang Layak
Kran Air (2)	14:38	7,42	2	254	26	90	Layak
	14:40	7,54	2	254	26	90	Layak
	14:42	7,54	2	266	26	90	Layak
	14:44	7,60	2	264	26	90	Layak
	14:46	7,63	2	264	26	90	Layak
Bak Air (1)	20:51	7,45	1	254	25	90	Layak
	20:52	7,45	1	254	25	90	Layak
	20:53	7,48	1	256	25	90	Layak
	20:54	7,42	1	257	25	90	Layak
	20:55	7,45	1	257	25	90	Layak
Kran Air (1)	20:59	7,30	0	242	25	90	Layak
	21:01	7,30	0	241	25	90	Layak
	21:03	7,18	0	241	25	90	Layak
	21:05	7,30	0	241	25	90	Layak

	21:07	7,36	0	242	25	90	Layak
Bak Air (2)	21:13	6,00	1	297	25	60	Kurang Layak
	21:15	6,09	1	292	25	65	Kurang Layak
	21:17	6,18	1	293	25	70	Kurang Layak
	21:19	6,20	1	293	25	72	Kurang Layak
	21:21	6,29	1	293	25	77	Kurang Layak
Kran Air (2)	21:25	6,50	1	288	25	90	Layak
	21:27	6,65	1	292	25	90	Layak
	21:29	6,65	1	293	25	90	Layak
	21:31	6,74	1	293	25	90	Layak
	21:33	6,77	1	293	25	90	Layak

Berdasarkan tabel hasil pengujian di atas, dapat diketahui bahwa alat pemantau kelayakan air higiene sanitasi dapat bekerja dengan baik. Adapun kondisi air higiene sanitasi di pondok pesantren MHB Darul Hikmah menunjukkan status sebagai berikut:

- a. Air pada bak penampungan di kamar mandi 1 menunjukkan status layak saat siang hari, sore hari dan malam hari. Sedangkan saat pagi hari air menunjukkan status kurang layak dimana nilai PH mendekati asam dan nilai suhu cenderung dingin;

- b. Air pada bak penampungan di kamar mandi 2 menunjukkan status layak layak saat pagi hari. Sedangkan saat siang dan malam hari air menunjukkan status kurang layak dimana nilai PH mendekati asam;
- c. Air keran pada kamar mandi 1 menunjukkan rata-rata status layak;
- d. Air keran pada kamar mandi 2 menunjukkan status layak pada siang dan malam hari. Sedangkan pada pagi hari air keran menunjukkan status kurang layak.

4.5 Integrasi Islam

Penelitian ini dikembangkan dengan latar belakang bahwa air merupakan sesuatu yang sangat dekat dan erat dengan kehidupan manusia dan juga bagi proses kehidupan di alam semesta. Hampir seluruh aktivitas sehari-hari manusia dapat dipastikan bergantung pada air. Sebagian besar dari tubuh manusia juga terdiri dari air. Dalam ajaran Islam, ayat- ayat Al-Qur`an menerangkan bahwa Allah ﷻ telah menciptakan (bagian) manusia dari air. Allah ﷻ berfirman dalam Surah al-Furqan ayat 54 yang berbunyi:

وَهُوَ الَّذِي خَلَقَ مِنَ الْمَاءِ بَشَرًا فَجَعَلَهُ نَسَبًا وَصِهْرًا وَكَانَ رَبُّكَ قَدِيرًا

“Dan Dia (pula) yang menciptakan manusia dari air; lalu Dia jadikan manusia itu (mempunyai) keturunan dan musaharah dan Tuhanmu adalah Mahakuasa” (Q.S al-Furqan: 54).

Allah ﷻ juga telah berfirman dalam Al Quran Surah Al Anbiya` ayat 30 yang berbunyi:

... وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ ۗ

“..... *Dan daripada air Kami jadikan segala sesuatu yang hidup.....*”
(QS. al-Anbiya` : 30).

Fakhruddin al-Razi, dalam Tafsir Mafatihul Ghaib mengemukakan bahwa salah satu pelajaran yang diberikan Allah ﷻ dengan menurunkan air kepada manusia adalah agar menjadi tanda kekuasaan dan kebasaran-Nya. Allah ﷻ ingin menunjukkan bahwa Allah ﷻ tidak hanya mampu menghidupkan dan mematikan, tetapi juga menjamin bagaimana makhluk yang diciptakan bertahan hidup di muka bumi. Hal ini menunjukkan bahwa kehadiran air merupakan bentuk kasih sayang Allah ﷻ terhadap makhluk-Nya.

Air yang merupakan pokok kebutuhan hidup manusia, telah disediakan oleh Allah ﷻ di muka bumi. Seperti yang difirmankan dalam Surah al-A'raf ayat 10 yang berbunyi:

وَلَقَدْ مَكَّنَّاكُمْ فِي الْأَرْضِ وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعَايِشٌ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ

“*Dan sungguh, Kami telah menempatkan kamu di bumi dan di sana Kami sediakan (sumber) penghidupan untukmu. (Tetapi) sedikit sekali kamu bersyukur*” (Q.S al-A'raf: 10).

Kata air di dalam Al Qur'an disebutkan sebanyak lebih dari 200 ayat baik secara langsung atau yang berkenaan dengan air, seperti mata air, laut, sungai, hujan dan lain sebagainya (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama RI dan LIPI, 2017). Hal ini menunjukkan bahwasanya air merupakan sesuatu yang sangat berharga sebagai sumber kehidupan. Air sebagai anugerah besar yang telah

diberikan oleh Allah ﷻ kepada manusia sudah sepatutnya untuk disyukuri, dijaga dan dikelola dengan sebaik mungkin.

Islam memberikan sudut pandang terhadap air menggunakan 2 pendekatan, yaitu air dalam rangka kaitannya dengan ibadah mahdhah serta air dalam rangka kepentingan umat dan keseimbangan alam. Pendekatan air berhubungan dengan kepentingan umat dan keseimbangan alam menempatkan manusia sebagai pengemban amanah dalam menjaga kelestarian alam, terutama air, untuk kesinambungan kehidupan (Kamil, 2019). Sedangkan, dalam pendekatannya terhadap peribadatan, ketersediaan air diperlukan sebagai sarana menghilangkan najis (*izālatun-najāsah*) dan menghilangkan hadas.

Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, kebutuhan manusia terhadap air memang total dan ketergantungan. Maka, sepatutnya pula kualitas air juga menjadi perhatian. Allah ﷻ berfirman dalam Surah al-Waqi'ah ayat 70:

أَفَرَأَيْتُمُ الْمَاءَ الَّذِي تَشْرَبُونَ ۖ ٦٨ ءَأَنْتُمْ أَنْزَلْتُمُوهُ مِنَ الْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ الْمُنزِلُونَ ۚ ٦٩ لَوْ نَشَاءُ جَعَلْنَاهُ أُحْجَاجًا ۗ فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ۚ ٧٠

“Pernahkah kamu memperhatikan air yang kamu minum? Kamukah yang menurunkannya dari awan ataukah Kami yang menurunkan? Sekiranya Kami menghendaki, niscaya Kami menjadikannya asin, mengapa kamu tidak bersyukur?” (Q.S al-Wāqi’ah: 68-70).

Ayat tersebut di atas, menggambarkan apabila air memiliki rasa yang asin atau kadar garam terlarut di dalamnya terlalu tinggi, maka air tersebut tidak nyaman untuk dijadikan air minum. Demikian pula, apabila air memiliki zat terlarut apapun dalam konsentrasi yang tinggi, maka akan menyebabkan penurunan kualitas air (Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur’an Kementerian Agama RI dan LIPI, 2017).

Ibnu Katsir dalam tafsirnya juga menerangkan bahwa maksud dari *“Sekiranya Kami menghendaki, niscaya Kami menjadikannya asin”* yaitu apabila air yang diciptakan oleh Allah ﷻ dijadikan (berasa) asin lagi pahit, maka air yang ada tidak layak untuk dikonsumsi dan tidak layak untuk mengairi tanaman. *“Mengapa kamu tidak bersyukur?”* Maksudnya, mengapa manusia tidak mensyukuri nikmat Allah yang berupa air dengan rasa tawar dan enak diminum? yang sebagiannya pula dapat digunakan untuk (menyuburkan) tanaman. Allah ﷻ telah menyediakan air dengan rasa tawar dan segar sebagai kemaslahatan bagi hamba-hamba-Nya. Allah telah menciptakan air di muka bumi sebagai manfaat sekaligus peringatan bagi kehidupan manusia (Al Sheikh, 2005).

Sejalan dengan itu, M. Quraish Shihab dalam Tafsir Al-Mishbah, memaknai Q.S al-Wāqī’ah ayat 70 pada bagian *“menjadikannya yakni air yang turun itu asin”* dengan menambahkan makna *“lagi sangat pahit membakar perut”* serta mendeskripsikan pula dengan kalimat *“serupa dengan rasanya sebelum menguap dari laut sehingga tidak dapat kamu minum, maka mengapakah kamu tidak terus menerus bersyukur kepada Allah yang menjadikannya tawar dan enak diminum?”*. Beliau memberikan gambaran bagaimana jika air yang kita konsumsi sehari-hari merupakan air yang tidak layak digunakan yang serupa dengan air laut yang memiliki kadar garam yang tinggi (Shihab, 2002)

Sebagai sumber kehidupan, baik dan buruk kualitas air dapat mempengaruhi kebermanfaatannya bagi manusia. Kualitas air yang menurun dapat berdampak pada timbulnya gejala kesehatan. Sehingga, perlu dilakukan upaya-upaya dalam menjaga kualitas air yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Sejalan dengan

itu, sistem pemantau yang dikembangkan dalam penelitian ini dimaksudkan sebagai salah satu cara untuk menjaga kualitas air khususnya yang digunakan sehari-hari di lingkungan pondok pesantren.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem pemantau kelayakan air dapat memantau air hygiene sanitasi pondok pesantren dengan menunjukkan pembacaan nilai sensor PH, sensor kekeruhan, sensor TDS dan sensor suhu pada *website* yang telah dibuat. Pengembangan sistem juga dilakukan pada beberapa hal seperti penyederhanaan rangkaian dengan menggunakan board Arduino Uno+Wifi R3 yang dapat bekerja sebagai mikrokontroler ATmega328 sekaligus sebagai IC Wi-Fi ESP8266.

Secara keseluruhan sistem pemantau yang dibuat dapat bekerja dengan baik. *Website* yang dibuat juga dapat menampilkan nilai baca sensor dengan baik serta merekamnya ke dalam tabel sebagai data histori. Ketiga sensor yang digunakan memiliki akurasi pembacaan sensor sebesar 93.20% pada sensor PH, 95.75% pada sensor TDS, 93.75% pada sensor suhu serta kinerja sensor kekeruhan yang baik dari hasil pengujian dengan perbandingan yang telah dilakukan. Penggunaan metode fuzzy sugeno juga menunjukkan hasil yang baik pada hasil uji coba dengan menunjukkan rata-rata presentase kebenaran sebesar 95%.

Sistem yang dibuat juga dapat bekerja dengan baik dan dapat melakukan pemantauan terhadap air hygiene sanitasi pondok pesantren. Hasil pengujian air pada Ma'had Hufadz Bilingual Darul Hikmah Malang melalui sistem ini menunjukkan air hygiene sanitasi atau air yang digunakan sehari-hari pada pondok pesantren tersebut dalam kondisi yang terbagi menjadi layak dan kurang layak.

Status air kurang layak terjadi pada beberapa kondisi yaitu apabila nilai PH cenderung asam dan atau nilai suhu yang dingin.

5.2 Saran

Beberapa hal pada penelitian ini perlu dilakukan perbaikan dan pengembangan. Pengujian tingkat akurasi pada sensor sebaiknya dilakukan secara lebih tepat dengan alat yang sesuai. Penambahan parameter juga dapat dilakukan agar penilaian kelayakan pada air menjadi lebih akurat. Percobaan terhadap rentang dan bentuk fuzzifikasi yang berbeda juga perlu dilakukan. Sistem juga dapat dikembangkan dengan *platform* lain, seperti android, agar lebih mudah diakses dan digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, F., dan Salsabil, S. (2019). *Internet of Things: Sejarah Teknologi Dan Penerapannya*. Jurnal Online Sekolah Tinggi Teknologi Mandala, 14(2), 92–99.
- Al Sheikh, Abdullah bin Muhammad bin Abdurrahman bin Ishaq. (2005). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 8*, alih bahasa M. Abdul Ghoffar E.M., dan Abu Ihsan Al-Atsari. Bogor: Pustaka Imam asy-Syafi'i.
- Amalia, S., Andari, R., dan Syukriansyah, R. (2020). *Studi Pemodelan Sistem Pengontrolan Suhu Ruangan Berbasis Logika Fuzzy Sugeno*. Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri, 20(2), 175–180.
- Azizah, U. (2014). *Hubungan Antara Pengetahuan Santri Tentang PHBS Dan Peran Ustadz Dalam Mencegah Penyakit Skabies Dengan Perilaku Pencegahan Penyakit Skabies (Studi pada Santri di Pondok Pesantren Al-Falah Kecamatan Silo Kabupaten Jember)* [Skripsi]. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Burange, A. W., dan Misalkar, H. D. (2015). *Review of Internet of Things in Development of Smart Cities with Data Management and Privacy*. 2015 International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications, 189–195.
- Chuzaini, F., dan Dzulkiflih, D. (2022). *IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, Dan Total Dissolved Solids (TDS)*. Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), 11(3), 46–56.
- Dirgantara, W., Rabi, A., dan Muchlis, C. (2021). *Implementasi IoT untuk Kontrol dan Monitoring Tingkat Kekeuhan pada Kolam Ikan Hias Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno*. Seminar Nasional Teknologi Fakultas Teknik 2021, 1, 211–215.
- Febrianti, F., Wibowo, S. A., dan Vendyansyah, N. (2021). *Implementasi IoT (Internet of Things) Monitoring Kualitas Air Dan Sistem Administrasi Pada Pengelola Air Bersih Skala Kecil*. JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika), 5(1), 171–178.
- Imam, M., Apriaskar, E., dan Djuniadi. (2019). *Pengendalian Suhu Air Menggunakan Sensor Suhu DS18B20*. J-ENSITEC, 6(1), 347–352.
- Indrawati, R. T., dan Mahmudati, R. (2020). *Performansi Alat Backwash Water Terhadap Kualitas Air di Pondok Pesantren Tradisional Kabupaten Wonosobo*. Jurnal Rekayasa Mesin, 15(1), 26–32.

- Indriatmoko, R. H. (2017). *Perencanaan Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai Secara Online*. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 10(1), 25–32.
- Junaidi, A. (2015). *Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya*. Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan, 1(3), 62–66.
- Kamil, I. S. (2019). *Water: Islam Norms and Sciences*. Eduprof: Islamic Education Journal, 1(1), 29–52.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum*.
- Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama RI dan LIPI. (2017). *Tafsir Ilmi Jilid 11: Air Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta: Widya Cahaya.
- Nasir, S., Ali, F., dan Muin, R. (2016). *Rekayasa Peralatan Ultrafiltrasi Untuk Penyediaan Air Siap Minum Bagi Komunitas Pesantren Izzatuna Dan Al-Amalul Khair Di Sumatera Selatan*. Ethos: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat, 4(1), 105–110.
- Orlando, M., Yolanda, D., dan Kasoep, W. (2020). *Sistem Monitoring dan Penjernihan Air Berdasarkan Derajat Keasaman (PH) dan Kekeruhan Pada Bak Penampungan Air Berbasis Internet of Things*. CHIPSET, 1(1), 17–22.
- Prayudha, R. (2020). *Sistem Pendeteksi Kualitas Air Bersih Menggunakan Sensor PH Dan Sensor TDS Berbasis Mobile (Studi Kasus Penampungan Air Bersih Desa Rawa Burung)* [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Shihab, M. Q. (2002). *Tafsir Al-Mishbah*. Jakarta: Lentera Hati.
- Simbar, R. S. V., dan Syahrin, A. (2017). *Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless*. Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana, 5(4), 175–180.
- Suryantoro, H. (2019). *Prototype Sistem Monitoring Level Air Berbasis Labview dan Arduino Sebagai Sarana Pendukung Praktikum Instrumentasi Sistem Kendali*. Indonesian Journal of Laboratory, 1(3), 20–32.
- Umam, C., Suhartono, S., dan Saputro, E. (2022). *Pendekatan Logika Fuzzy dalam Pengontrolan Suhu dan Kelembaban pada Persemaian Otomatis Full Closed System Tanaman Selada Hijau (Lactuca sativa L.)*. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 10(2), 144–153.

Wijaya, A. E., dan Sukarni, R. B. S. (2019). *Sistem Monitoring Kualitas Air Mineral Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Platform Node-red Dan Metode SAW (Simple Additive Weighting)*. Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi, 14(2), 96–106.

Yudhanto, Y., dan Azis, A. (2019). *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*. Surakarta: UNSPress.